

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60-1 改 37
提出年月日	平成 30 年 5 月 17 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

平成 30 年 5 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	<ul style="list-style-type: none"> ・新規制定 ・「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を新規作成し、追加
改1	H30.2.7	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し、追加
改2	H30.2.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改0の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改3	H30.2.9	<ul style="list-style-type: none"> ・改1に、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し、追加（「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」は、変更なし）
改4	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・改3の内、「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は、変更なし）
改5	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し、追加
改6	H30.2.15	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し、追加
改7	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改6に、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し、追加（「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は、変更なし）
改8	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し、追加
改9	H30.2.22	<ul style="list-style-type: none"> ・改8の「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は、変更なし）
改10	H30.2.23	<ul style="list-style-type: none"> ・改2の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改11	H30.2.27	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し、追加
改12	H30.3.1	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」、「4.2 漂流物による影響確認について」、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6 浸水量評価について」を新規作成し、追加 ・改4の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改13	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改12の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改14	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改5の内、「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成） ・改9の内、「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 15	H30. 3. 9	<ul style="list-style-type: none"> 資料番号を「補足-60」→「補足-60-1」に変更（改定番号は継続） 改 7 の内、「5. 7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定 改 10 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 16	H30. 3. 12	<ul style="list-style-type: none"> 改 14 の内、「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定
改 17	H30. 3. 22	<ul style="list-style-type: none"> 改 15 の内、「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 18	H30. 3. 30	<ul style="list-style-type: none"> 「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」、「3. 1 砂移動による影響確認について」、「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「放水路ゲートに関する補足説明」を新規作成し追加 改 17 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 19	H30. 4. 3	<ul style="list-style-type: none"> 改 18 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 20	H30. 4. 4	<ul style="list-style-type: none"> 改 11 の内「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 「5. 10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて」を新規作成し追加
改 21	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> 改 11 の内「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を改定 改 16 の内「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定（「5. 14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」のうち「5. 14. 2 鋼製防護壁シール材について」を新規作成）
改 22	H30. 4. 6	<ul style="list-style-type: none"> 「6. 9. 2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について」を新規作成し追加
改 23	H30. 4. 10	<ul style="list-style-type: none"> 改 18 の「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」及び「6. 6. 1 放水路ゲートに関する補足説明」を改訂 改 21 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 24	H30. 4. 11	<ul style="list-style-type: none"> 改 5 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）」を改定） 改 14 の内、「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定（「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5. 11. 5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を改定） 改 20 の内、「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 「5. 15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について」を新規作成し追加 「6. 2. 1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 3. 1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 4. 1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明」を新規作成し追加 「6. 8. 1 貯留堰の設計に関する補足説明」を新規作成し追加
改 25	H30. 4. 12	<ul style="list-style-type: none"> 改 23 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定
改 26	H30. 4. 13	<ul style="list-style-type: none"> 改 12 の内、「4. 2 漂流物による影響確認について」及び「5. 6 浸水量評価について」を改定
改 27	H30. 4. 18	<ul style="list-style-type: none"> 改 25 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 28	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 7 防潮扉」を改定) ・改 24 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 21 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・「5. 13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について」を新規作成し, 追加 ・「5. 18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について」を新規作成し, 追加 ・「6. 5. 1 防潮扉の設計に関する補足説明」(土木)を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 2 貯留堰取付護岸に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 29	H30. 4. 19	<ul style="list-style-type: none"> ・改 18 の内, 「1. 5 入力津波のパラメータスタディの考慮について」を改定
改 30	H30. 4. 27	<ul style="list-style-type: none"> ・H30. 4. 23 時点での最新版一式として, 改 29 (H30. 4. 19) までの最新版をとりまとめ, 一式版を作成
改 31	H30. 4. 26	<ul style="list-style-type: none"> ・改 28 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・改 28 の内, 「5. 4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」 ・改 5 の内, 「5. 11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 11. 2 防潮堤(鋼製防護壁)」, 「5. 11. 3 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)」を改定) ・「6. 12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 32	H30. 5. 1	<ul style="list-style-type: none"> ・改 31 の内, 「4. 1 設計に用いる遡上波の流速について」を改定 ・「5. 9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を削除し, 5. 9 以降の番号を繰り上げ ・改 5 の内, 「5. 10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」を改定(「5. 10. 8 構内排水路逆流防止設備」を改定) ・改 21 の内, 「5. 13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について」を改定(「5. 13. 2 鋼製防護壁シール材について」を改定) ・「6. 1. 1. 1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 7. 1. 1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加
改 33	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 5 の内, 「5. 16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を改定 ・「6. 2. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料」を新規作成し, 追加 ・「6. 3. 1. 2 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 4. 1. 2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加 ・「6. 8. 1. 2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し, 追加

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改 34	H30. 5. 7	<ul style="list-style-type: none"> ・改 27 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 ・「6. 7. 1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 35	H30. 5. 14	<ul style="list-style-type: none"> ・改 34 の「6. 1. 3 止水機構に関する補足説明」を改定 止水機構の実証試験の記載等について適正化
改 36	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・「5. 19 許容応力度法における許容限界について」を新規追加 ・「6. 1. 1. 2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加 ・「6. 5. 1. 2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明」を新規作成し、追加
改 37	H30. 5. 17	<ul style="list-style-type: none"> ・改 4 の内、「1. 1 潮位観測記録の考え方について」及び「1. 3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定 ・改 18 の内、「3. 1 砂移動による影響確認について」を改定 ・「6. 9. 1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明」に名称を変更

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について[改 37 H30. 5. 17]
 - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について[改 29 H30. 4. 19]
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について[改 37 H30. 5. 17]
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
 - 3.3 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 32 H30. 5. 1]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 26 H30. 4. 13]
 - 4.3 漂流物衝突力について
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30. 2. 19]
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.5 津波防護施設のアンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について
 - 5.6 浸水量評価について[改 26 H30. 4. 13]
 - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 15 H30. 3. 9]
 - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
 - 5.9 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物荷重の組合せについて[改 20 H30. 4. 4]
 - 5.10 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について
 - 5.10.1 概要[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.10.2 防潮堤（鋼製防護壁）[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.10.3 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）[改 31 H30. 4. 26]
 - 5.10.4 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））[改 24 H30. 4. 11]
 - 5.10.5 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）[改 24 H30. 4. 11]
 - 5.10.6 貯留堰及び貯留堰取付護岸[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.10.7 防潮扉[改 28 H30. 4. 19]
 - 5.10.8 構内排水路逆流防止設備[改 32 H30. 5. 1]

- 5.11 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について
- 5.12 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について[改 28 H30. 4. 19]
- 5.13 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について
 - 5.13.1 防潮堤止水ジョイント部材について[改 16 H30. 3. 19]
 - 5.13.2 鋼製防護壁シール材について[改 32 H30. 5. 1]
- 5.14 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について[改 24 H30. 4. 11]
- 5.15 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
- 5.16 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 33 H30. 5. 7]
- 5.17 津波に対する止水性能を有する施設の評価について[改 28 H30. 4. 19]
- 5.18 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 7 H30. 2. 19]
- 5.19 許容応力度法における許容限界について[改 36 H30. 5. 17]
- 6. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
 - 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
 - 6.1.1.1 鋼製防護壁の耐震計算書に関する補足説明[改 32 H30. 5. 1]
 - 6.1.1.2 鋼製防護壁の強度計算書に関する補足説明[改 36 H30. 5. 17]
 - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明
 - 6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 34 H30. 5. 7]
 - 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.2.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明資料[改 24 H30. 4. 11]
 - 6.2.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明資料[改 33 H30. 5. 7]
 - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
 - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
 - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
 - 6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30. 4. 11]
 - 6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30. 5. 7]
 - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
 - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
 - 6.4.1.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30. 4. 11]
 - 6.4.1.2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30. 5. 7]
 - 6.5 防潮扉に関する補足説明
 - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明[改 23 H30. 4. 10]
 - 6.5.1.1 防潮扉の耐震計算書に関する補足説明[改 28 H30. 4. 19]（土木）
 - 6.5.1.2 防潮扉の強度計算書に関する補足説明[改 36 H30. 5. 17]
 - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明
 - 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明[改 23 H30. 4. 10]

[]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

- 6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明
 - 6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明[改 34 H30. 5. 7]
 - 6.7.1.1 構内排水路逆流防止設備の耐震計算書に関する補足説明[改 32 H30. 5. 1]
 - 6.7.1.2 構内排水路逆流防止設備の強度計算書に関する補足説明
- 6.8 貯留堰に関する補足説明
 - 6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明
 - 6.8.1.1 貯留堰の耐震計算書に関する補足説明[改 24 H30. 4. 11]
 - 6.8.1.2 貯留堰の強度計算書に関する補足説明[改 33 H30. 5. 7]
 - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明[改 28 H30. 4. 19]
- 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
 - 6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁及び貫通部止水処置の設計に関する補足説明
 - 6.9.2 逆止弁を構成する各部材の評価及び機能維持の確認方法について[改 22 H30. 4. 6]
 - 6.9.3 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について
- 6.10 津波監視設備に関する補足説明
 - 6.10.1 津波監視カメラの設計に関する補足説明
 - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明
 - 6.10.3 加振試験の条件について
 - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
- 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明
- 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明[改 31 H30. 4. 26]
- 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明[改 31 H30. 4. 26]

[]内は、当該箇所を提出
(最新) したときの改訂を示
す。

1.1 潮位観測記録の考え方について

1.1.1 潮位のばらつきに関する評価

(1) 潮位観測記録の検討

基準津波の策定において使用した朔望平均潮位は、(財)日本気象協会が発行した「茨城港日立港区」の潮位表(2004年～2009年)に基づいている。表1.1-1に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位を示す。

表 1.1-1 基準津波の策定で使用した朔望平均潮位

	基準津波の策定で使用した朔望平均潮位
朔望平均満潮位	T. P. +0.61m
朔望平均干潮位	T. P. -0.81m

設定した潮位のばらつき等を把握するために、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位のもとになっている観測地点「茨城港日立港区」の潮位観測記録(国土交通省関東地方整備局鹿島港湾・空港整備局より受領)を用いて、評価を実施した。

観測地点「茨城港日立港区」は、東海第二発電所から北方に約4.5km離れており、発電所との間に潮位に影響を及ぼす地形、人工構造物等はなく、発電所と同様に鹿島灘に面した海に設置されている。図1.1-1に観測地点の位置を示す。

評価の結果、潮位観測期間(2006年1月～2010年12月)における朔望平均潮位の標準偏差は、満潮位において0.14m、干潮位において0.16mとなった。図1.1-2に各月の朔望平均潮位の推移、表1.1-2に潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析結果を示す。

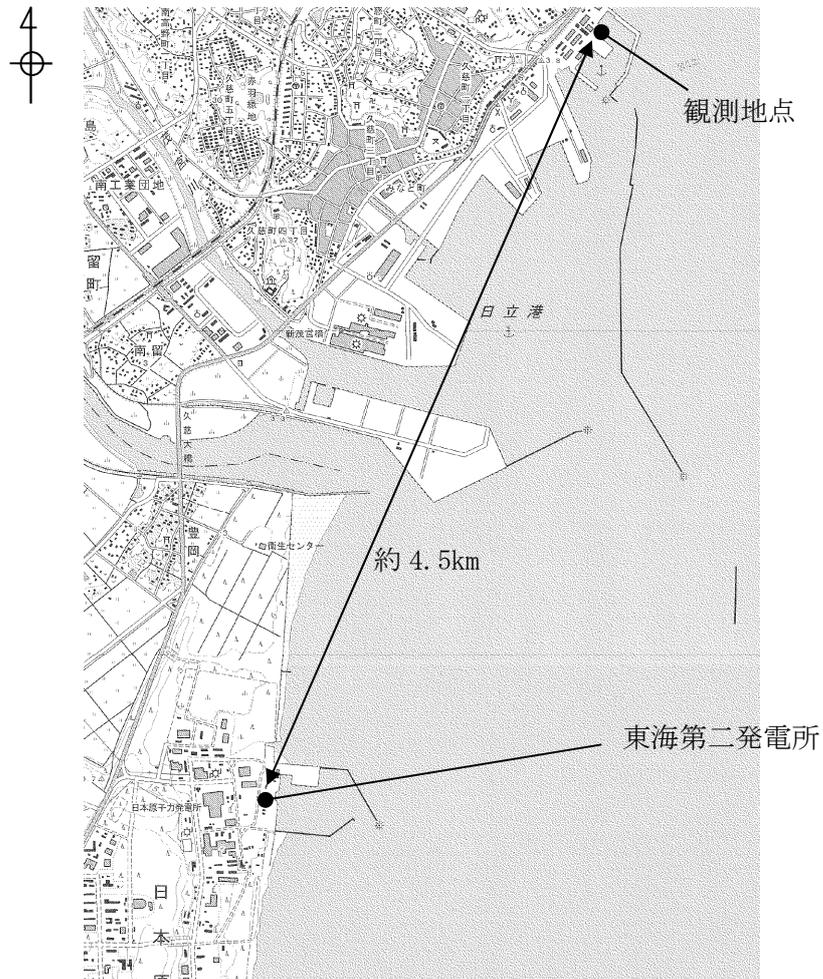


図1.1-1 観測地点の位置

満潮位

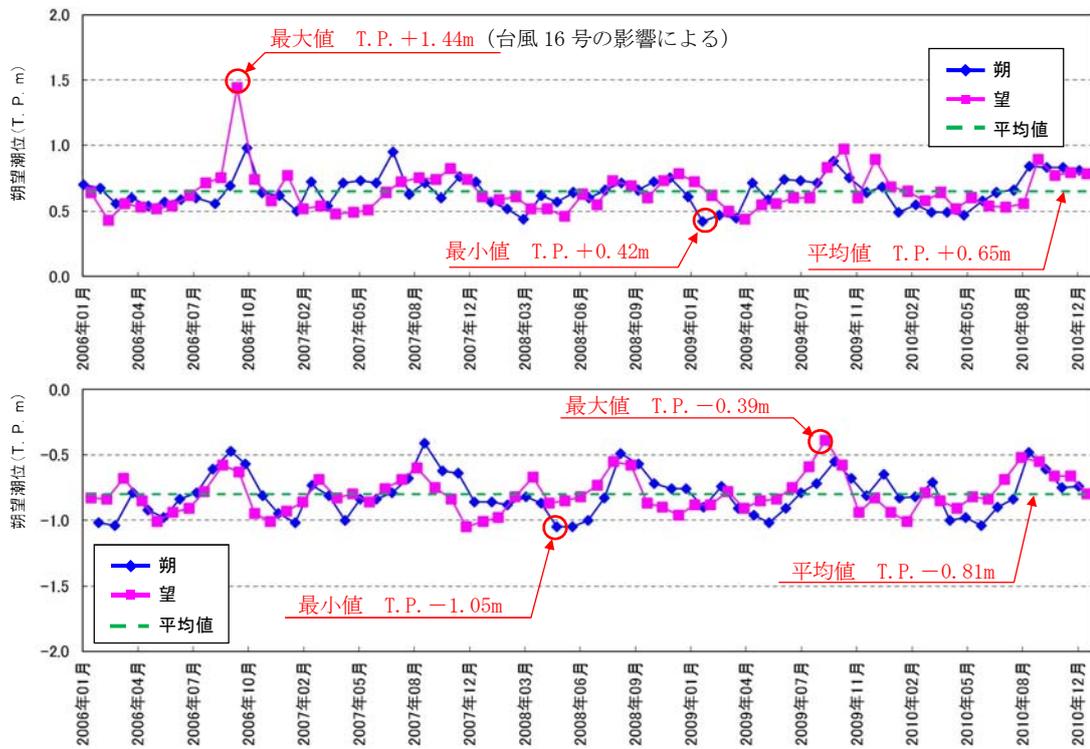


図1.1-2 各月の朔望平均潮位の推移

表1.1-2 潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析

	満潮位※	干潮位※
最大値	T. P. +1.44m	T. P. -0.39m
平均値	T. P. +0.65m	T. P. -0.81m
最小値	T. P. +0.42m	T. P. -1.05m
標準偏差	0.14m	0.16m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月

(2) 潮位のばらつきの考慮について

朔望平均潮位について、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録を比較したところ、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位に比べ、潮位観測記録の方が満潮位で0.04m高く、干潮位では差がないことが分かった。この潮位差自体は有意なものではないが、保守的な設定になるよう潮位の差分を基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位に考慮することとした。表 1.1-3 に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位の比較を示す。

以上より、入力津波の設定に当たっては、朔望平均潮位の標準偏差及び基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位との差分について考慮して、安全側に設定する。

水位上昇側については、基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位 T.P. +0.61m に対して、潮位観測記録との差分+0.04m 及び満潮位の標準偏差 0.14m の合計である+0.18m を水位変動の評価における上昇側潮位のばらつきとして考慮する。

水位下降側については、基準津波の策定で使用した朔望平均干潮位 T.P. -0.81m に対して、観測記録との差分はないため-0.16m を水位変動の評価における下降側潮位のばらつきとして考慮する。

図 1.1-3 に潮位のばらつきに対する考慮方法を示す。

表1.1-3 朔望平均潮位の比較

朔望平均潮位	基準津波の策定で使 用した潮位 ①	潮位観測記録 に基づく潮位* ②	差 ③ (②-①)
満潮位	T. P. +0.61m	T. P. +0.65m	+0.04m
干潮位	T. P. -0.81m	T. P. -0.81m	0.00m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月

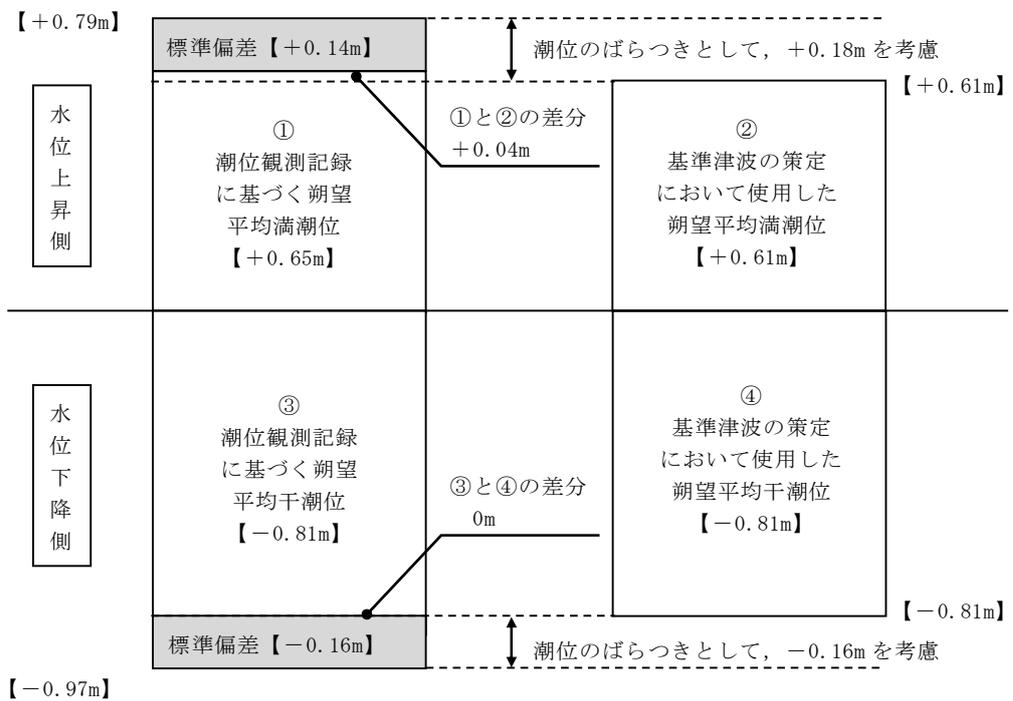


図1.1-3 潮位のばらつきに対する考慮方法

1.1.2 観測期間の妥当性の検討について

基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データであるが、観測期間の妥当性を確認するため、10 ヶ年の朔望潮位データについて分析を行い、影響の有無を確認した。

茨城港日立港区における 2006 年 1 月～2010 年 12 月の 5 ヶ年の朔望潮位データに対して、2001 年 1 月～2010 年 12 月の 10 ヶ年の朔望潮位データの分析を行った。朔望潮位に関する分析結果を表 1.1-4 に示す。

表 1.1-4 から 5 ヶ年及び 10 ヶ年の朔望満潮位、朔望干潮位及びそれらの標準偏差について、いずれも同程度であることを確認した。また、図 1.1-4 に 10 ヶ年（2001 年 1 月～2010 年 12 月）の潮位変化を示す。

表 1.1-4 朔望潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)		朔望干潮位 (m)	
	5 ヲ年	10 ヲ年	5 ヲ年	10 ヲ年
平均値	T. P. +0.65	T. P. +0.64	T. P. -0.81	T. P. -0.80
標準偏差	0.14	0.13	0.16	0.15

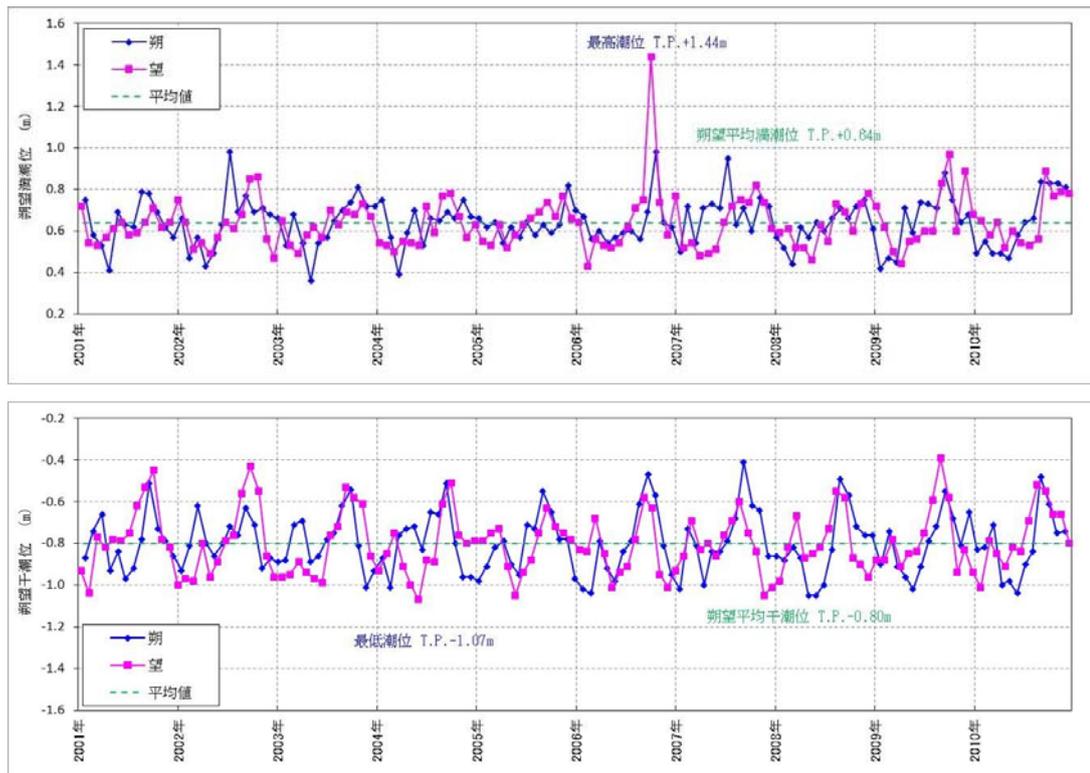


図 1.1-4 10 ヲ年 (2001 年 1 月～2010 年 12 月) の潮位変化
(上：朔望満潮位，下：朔望干潮位)

1.1.3 茨城港日立港区の潮位データの扱いについて

基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データである。2011 年以降の潮位データについては公表されていない。

そのため、発電所の近接観測地点であり、観測が継続している銚子漁港と小名浜の各地点の 2006 年 1 月～2010 年 12 月, 2012 年 1 月～2016 年 12 月における朔望平均満干潮位, 年平均潮位, 年最高潮位及び最高潮位及び至近約 40 年 (1971 年～2010 年) 及び至近約 45 年 (1971 年～2016 年 (2011 年を除く)) における最高潮位の超過発生確率を用いて, 2011 年以降の日立港区の潮位の傾向を推定した。観測地点位置図を図 1.1-5 に, 各地点の朔望平均満干潮位を表 1.1-5 に, 各地点の年平均潮位の推移を図 1.1-6 に, 各地点の年最高潮位の推移を図 1.1-7, 各地点の最高潮位の超過発生確率の推移を図 1.1-8 に示す。

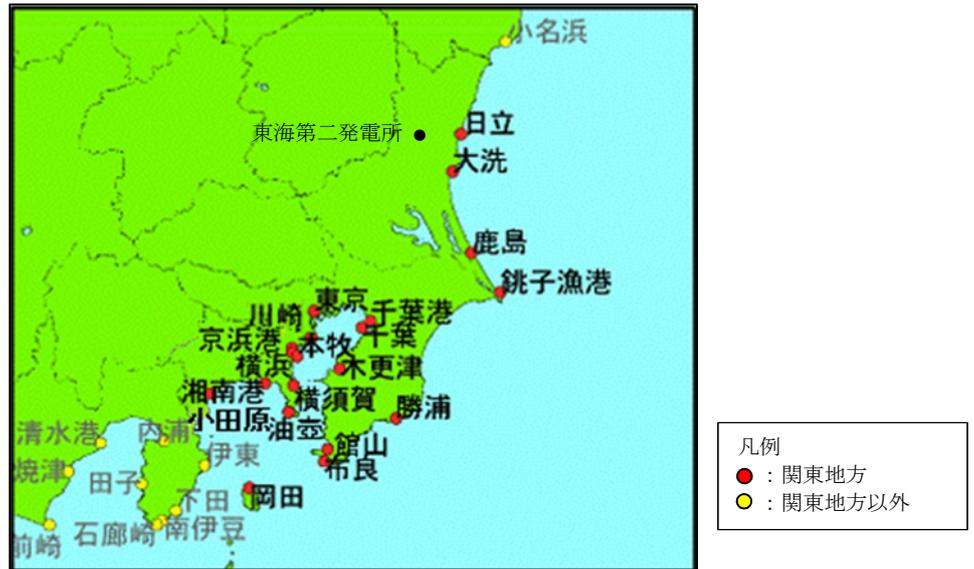
表 1.1-5 から, 銚子漁港と小名浜の朔望平均満干潮位について, 2006 年～2010 年と 2012 年～2016 年の値を比較したところ, 2006 年～2010 年に対し 2012 年～2016 年の方が, 朔望平均満干潮位の差が小さくなる傾向を示している。よって, 2011 年以降の茨城港日立港区の朔望平均満干潮位についても同様の傾向となることが想定される。また, 図 1.1-6 及び図 1.1-7 から, 2006 年～2010 年における日立港区, 銚子漁港及び小名浜の年平均潮位及び年最高潮位を比較したところ, 日立港区は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。

さらに, 図 1.1-8 から, 至近約 40 年 (1971 年～2010 年) における日立港区, 銚子漁港及び小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較しても, 日立港区の曲線は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。また, 2011 年以降のデータを含む至近約 45 年 (1971 年～2016 年 (2011 年を除く)) と 2011 年以前のデータである至近 40 年 (1971 年～2010 年) における銚子漁港と小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較すると, 曲線は概ね同様の傾向を示すとともに, 2011 年以前のデータによる超過発生確率に比べて, 2011 年以降のデータを含んだ超過発生確率に有意な差はない。

以上のことから, 2011 年以降の日立港区の潮位は 2010 年以前の潮位と同様の傾向で推移し, また顕著な高潮は生じていないことが推測される。

次に, 日立港区と東海第二発電所の月平均潮位を比較した。日立港区と東海第二発電所の潮位変動量の比較を図 1.1-9 に示す。なお, 東海第二発電所潮位データについては, 検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため, 日立港区 (2007 年 1 月) の潮位値を基準値としている。日立港区と東海第二発電所の潮位データがともに得られている 2007 年から 2009 年の月平均潮位を比較したところ, 日立港区と東海第二発電所は概ね同様の傾向を示している。したがって, 日立港区の潮位には東海第二発電所における潮位変動の情報が反映されていることが推察される。

以上のことから, 2010 年以前の茨城港日立港区の潮位データを基準津波の策定で使用することは妥当と判断した。



※大洗, 鹿島の実測潮位については示されていない。
気象庁(2017)に加筆

図 1.1-5 観測地点位置図

表 1.1-5 各地点の朔望平均満干潮位

		銚子漁港		小名浜		日立港区
		2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年
朔望満潮位	平均	0.65	0.62	0.54	0.49	0.65
	標準偏差	0.13	0.11	0.13	0.11	0.14
朔望干潮位	平均	-0.88	-0.82	-0.92	-0.88	-0.80
	標準偏差	0.14	0.13	0.15	0.13	0.15

単位 : T.P. m

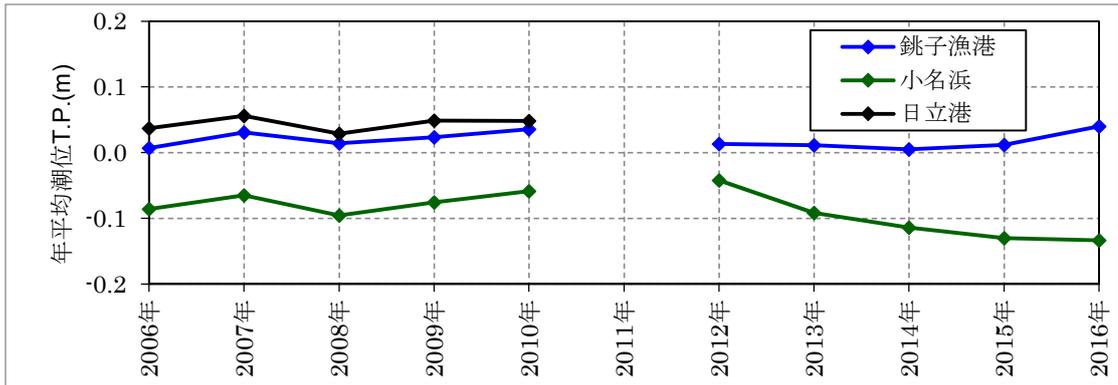


図 1.1-6 各地点の年平均潮位の推移

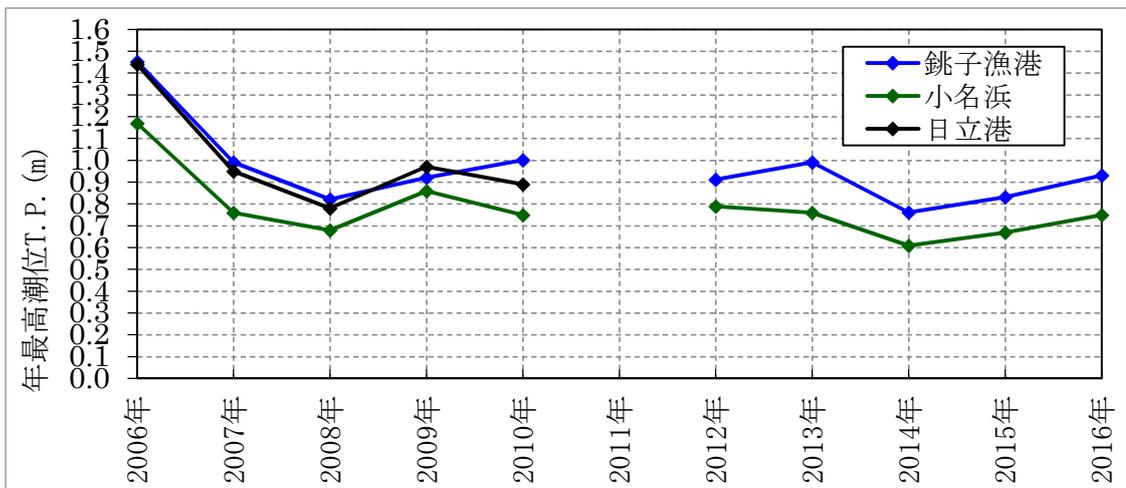
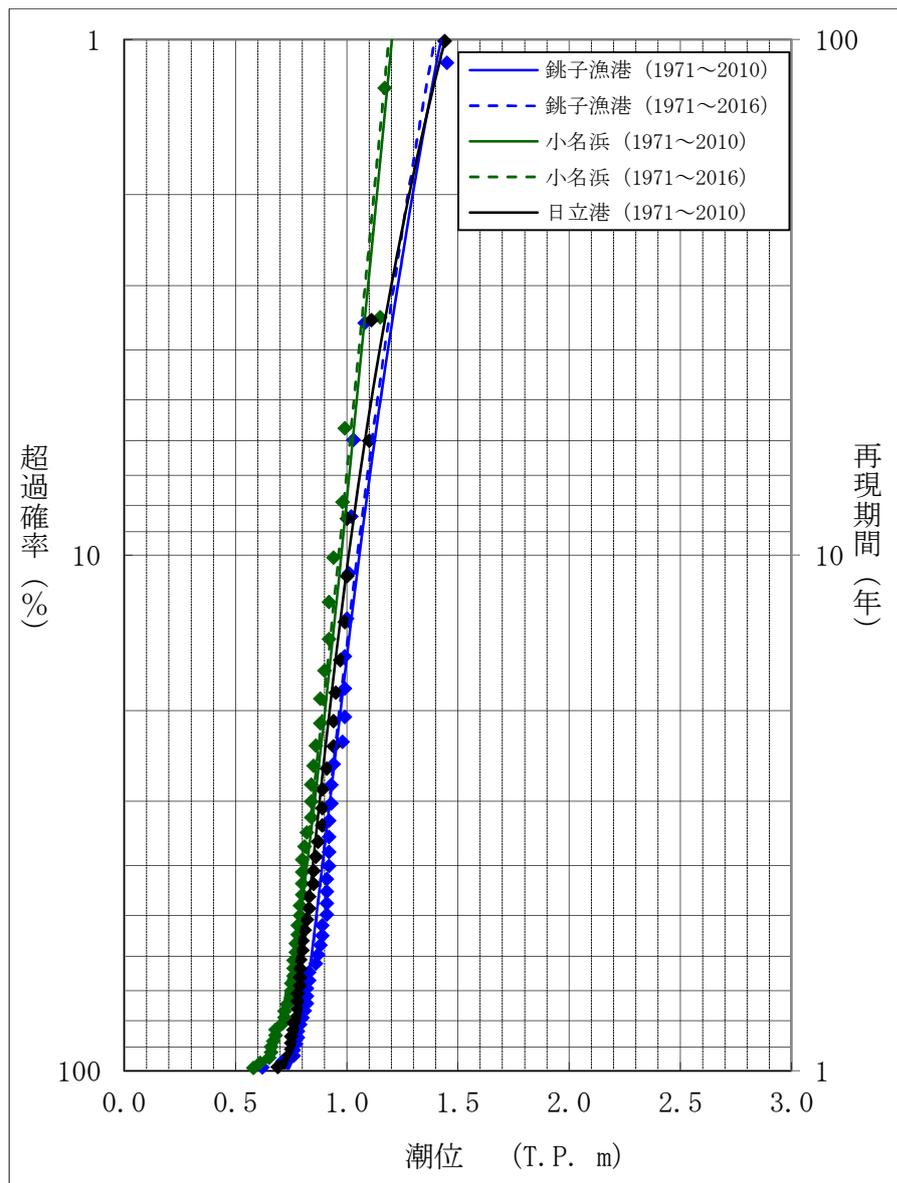
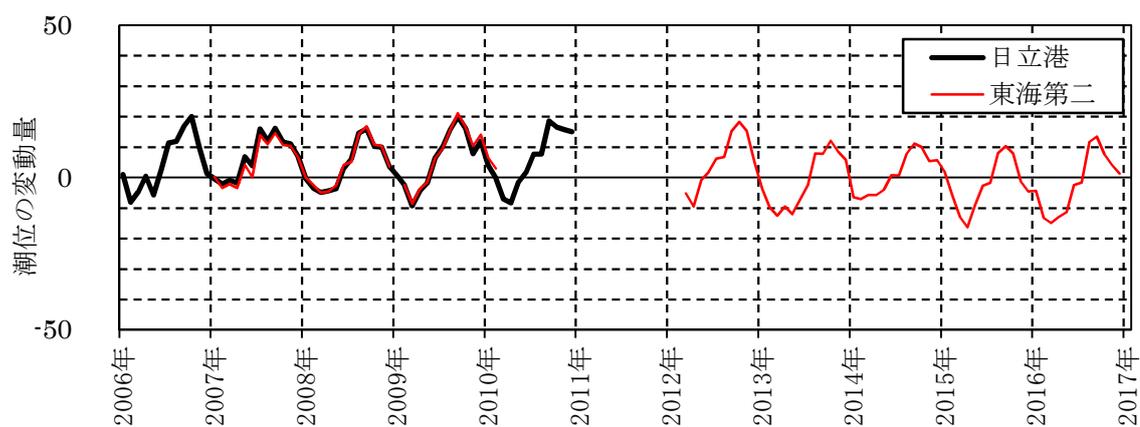


図 1.1-7 各地点の年最高潮位の推移



※2011年のデータを除く

図 1.1-8 各地点の超過発生確率



※東海第二発電所の潮位データは、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007年1月）の潮位値を基準値としている。
 また、2009年1月、2010年3月から2012年2月の潮位データは欠測。

図 1.1-9 日立港区と東海第二発電所における月平均潮位の変動量の比較

1.3 港湾内の局所的な海面の励起について

図 1.3-1 に基準津波（上昇側）による敷地周辺の最大水位上昇量分布，図 1.3-2 に港湾内の時刻歴波形の地点別比較を示す。

図 1.3-1 に示すとおり，港湾の内外において，最大水位上昇量傾向に大きな差異はなく，文献(1)より求めた港湾の固有周期(4 分程度) と基準津波の周期(30 分程度)が大きく異なることから，港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。

図 1.3-2 は，津波の伝播経路を考え，①港口→②泊地中央，②泊地中央→④港奥北，②泊地中央→③取水口前面，②泊地中央→⑤港奥南の水位の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせて示している。

図 1.3-2 から，40 分付近の第 1 ピークは，第 1-3-1 図の最大水位上昇量分布からも分かるように，敷地に津波が遡上し，港湾外からの越流も含まれているため，②泊地中央よりも③取水口前面・④港奥北・⑤港奥南で大きくなっている。

第 1 ピーク以降において，①港口→②泊地中央の波形はあまり変わらないのに対し，②泊地中央→④港奥北・⑤港奥南では上昇側のピーク値が伝播先の奥側で大きくなっている傾向が確認できる。上昇が著しいのは 100 分付近の第 3 ピークで②泊地中央のピーク値に対して④港奥北で 0.6m 程度，⑤港奥南で 0.7m 程度の増幅となっている。これら時間帯の直前の引き波が最も大きいピークであることから，大きな引き波の後に押し寄せる押し波によって増幅傾向が増大していると推察される。一方，第 2，第 4 の上昇側ピークについては増幅があまり大きくない。

以上のことから，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。

※文献⁽¹⁾水理公式集—昭和 60 年版—，土木学会，p. 563-564，1985

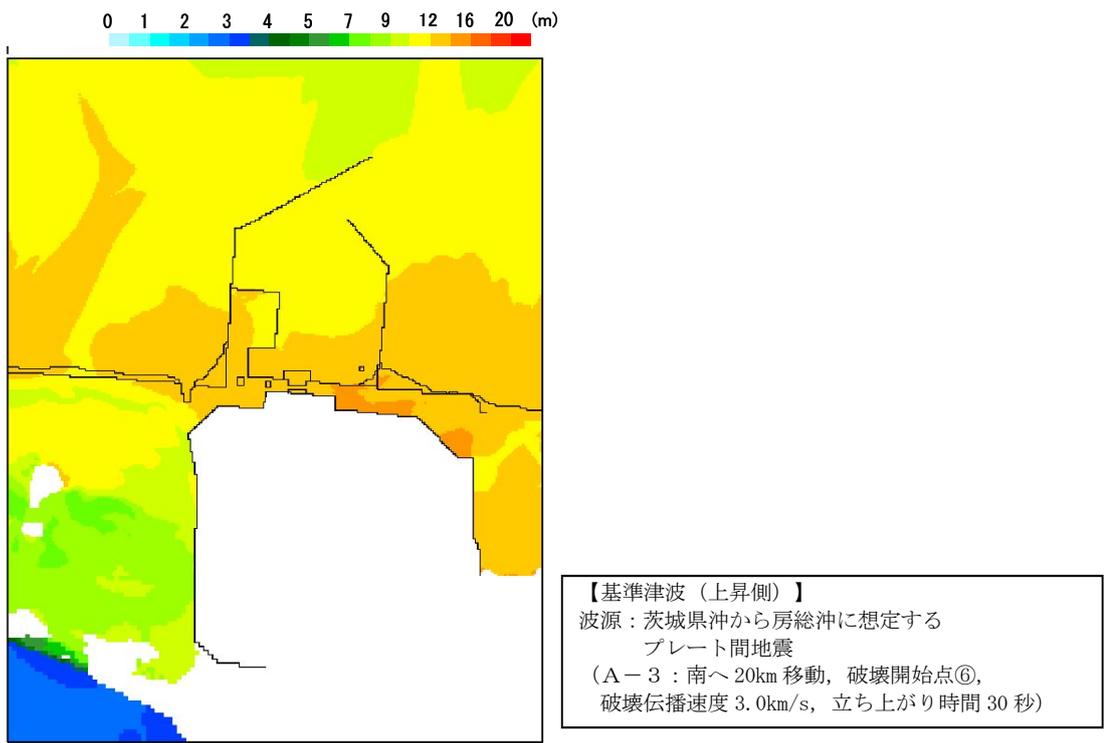
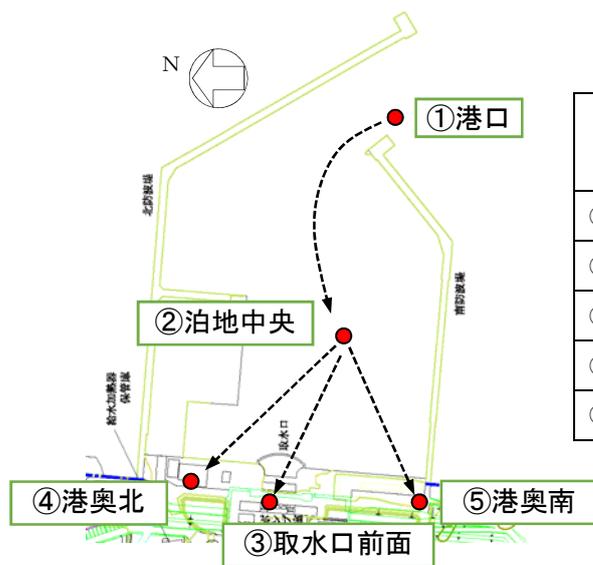


図 1.3-1 基準津波（上昇側）による敷地周辺における最大水位上昇量分布



各地点のピーク水位 (T.P. +m)

地点	第1 ピーク	第2 ピーク	第3 ピーク	第4 ピーク
① 港口	11.54	4.56	4.28	3.34
② 泊地中央	12.15	4.79	4.36	3.55
③ 取水口前面	14.08	4.86	4.72	3.78
④ 港奥北	14.70	4.90	4.95	3.81
⑤ 港奥南	15.69	4.87	5.10	3.85

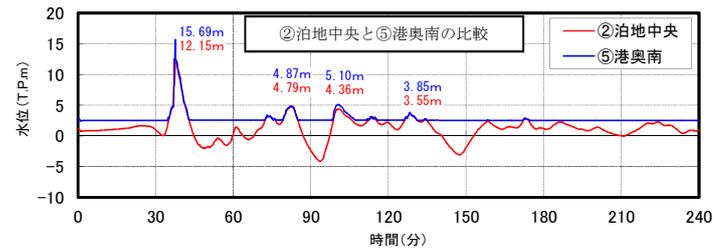
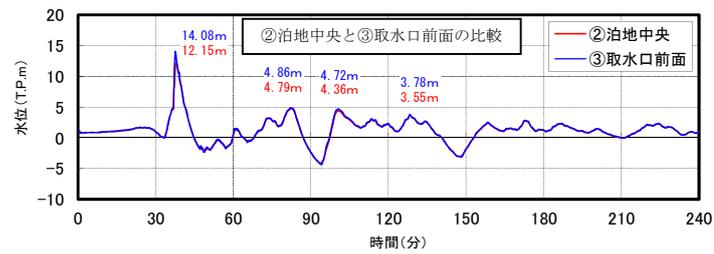
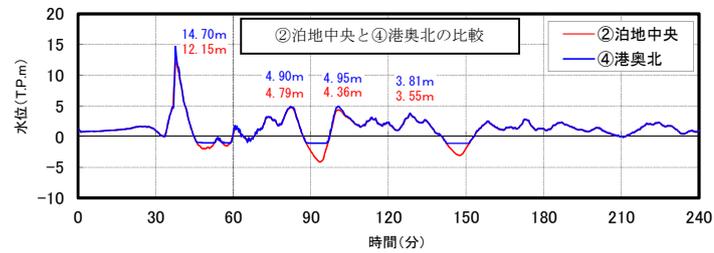
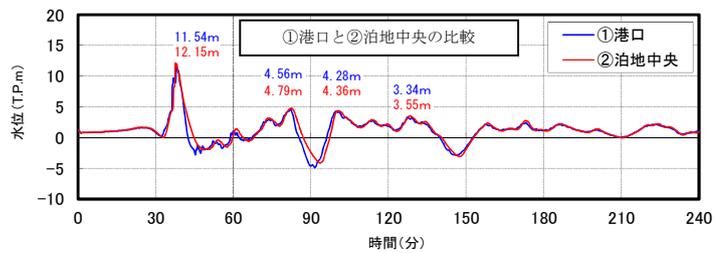


図 1.3-2 港湾内における時刻歴波形の地点別比較

(参考) ②泊地中央→⑤港奥南の水位のピークに関する考察

②泊地中央→④港奥北, ②泊地中央→③取水口前面, ②泊地中央→⑤港奥南の水位の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせたものを比較した結果, ④港奥北及び③取水口前面に比べ, ⑤港奥南で第一ピーク時の水位が高くなっている。この現象が発生した原因について以下の通り考察した。

図 1.3-3 の結果, ⑤港奥南の第一ピーク時において波形に段差が生じており, その後ピークが突出している傾向を示している。これは, 第 1-3-4 図から, 港外南側からの入射波が港内を經由する入射波に比べて早く防潮堤に衝突し, 防潮堤から反射した港外南側の入射波と港内を經由する入射波が衝突したことで水位が増幅したと考えられる。また, ⑤港奥南では水深が浅いことから, 局所的に水位が高くなったことも要因として挙げられる。

以上のことから, ④港奥北及び③取水口前面に比べ, ⑤港奥南で第一ピーク時の水位が大きくなっていると推定される。

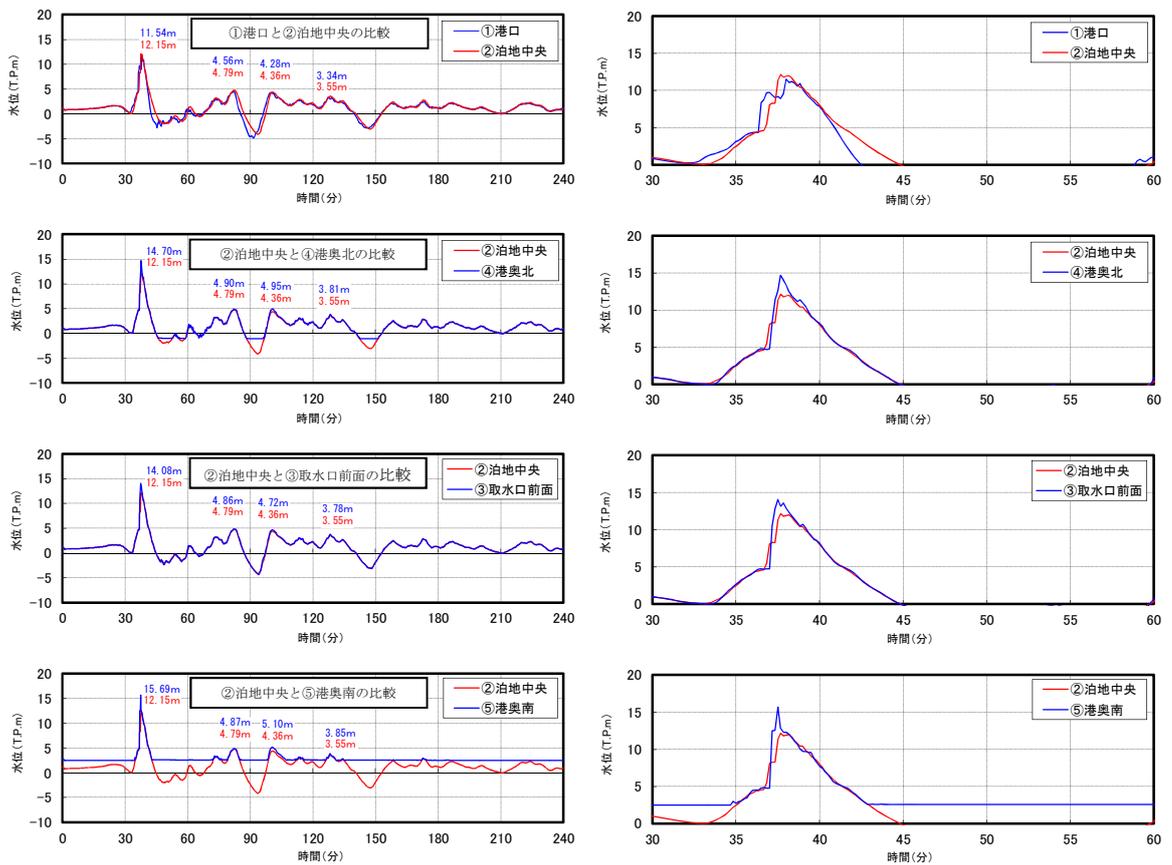
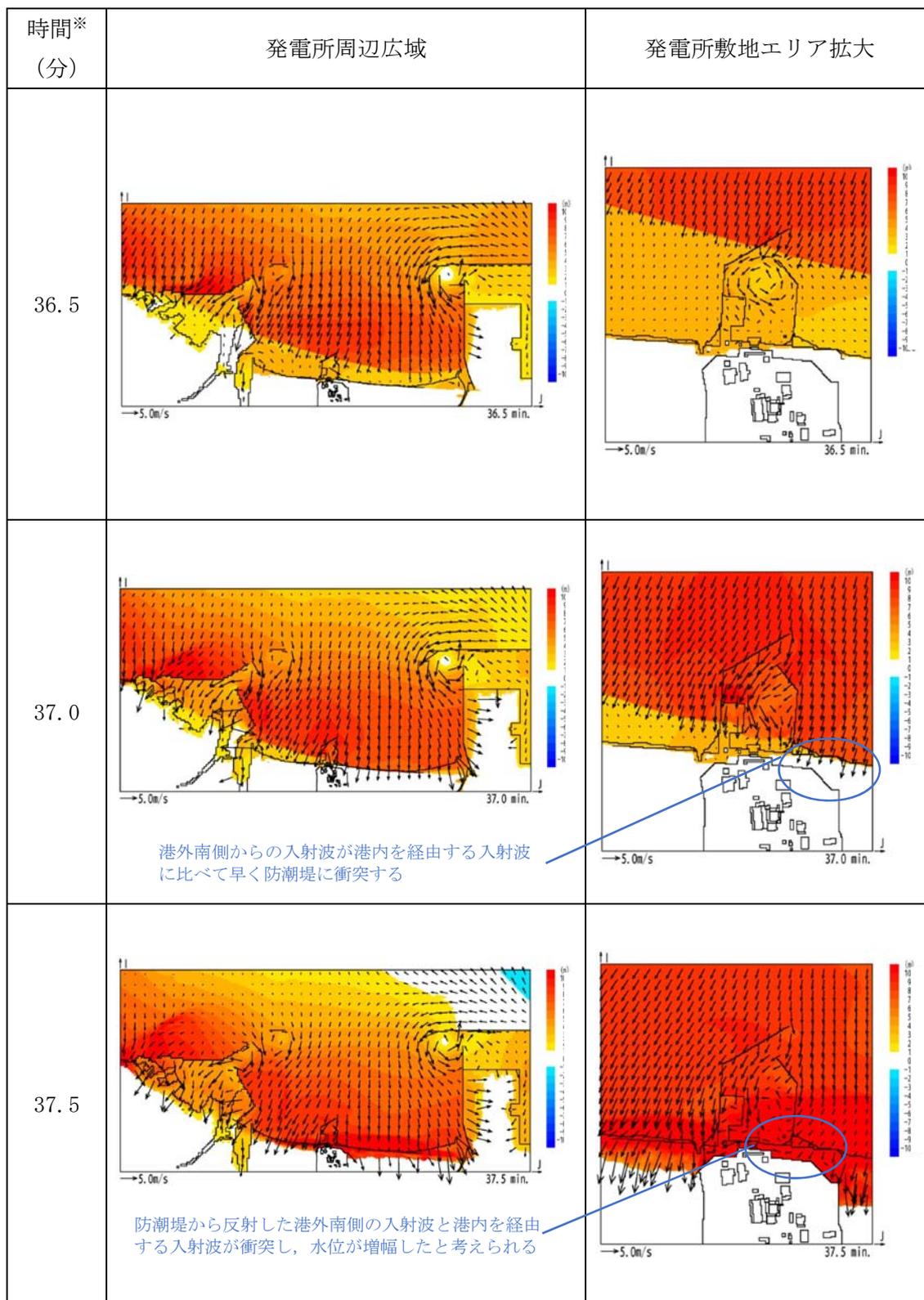
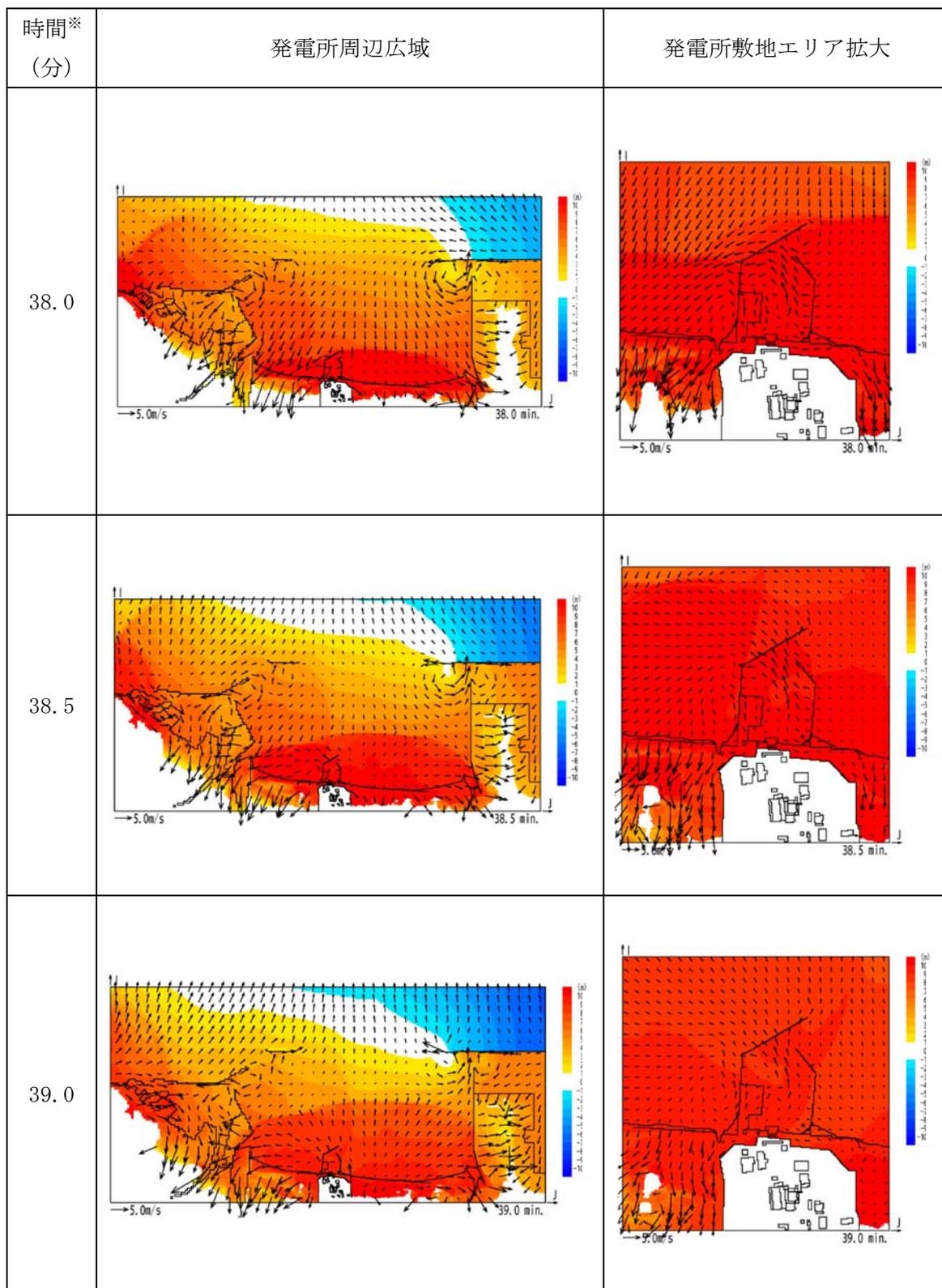


図 1.3-3 港湾内における時刻歴波形の地点別比較 (30 分~60 分を拡大)



※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1.3-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (1/2)



※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

図 1.3-4 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル
(防波堤ありの場合) (2/2)

3. 取水性に関する考慮事項

3.1 砂移動による影響評価について

(1) 基準津波による砂移動評価について

砂移動評価における解析条件（粒径の違い，防波堤の有無，防潮堤設置ルートの変更）について，以下の影響評価を実施した。

- a. 防潮堤設置ルート変更前のモデルを用いた砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価
- b. 防潮堤設置ルート変更前のモデルを用いた防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響評価
- c. a, b の影響評価において堆積厚さが最大となった解析条件を用いた防潮堤設置ルート変更に伴う堆積厚さへの影響評価

c の影響評価の結果，堆積侵食分布図に差異がなく，取水口前面における砂の堆積厚さについても大差ないことを確認した。

よって，防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響はないことから，防潮堤設置ルート変更前のモデルで評価した結果（a 及び b の影響評価結果）を用いることは問題ないと考えられる。

影響評価結果を踏まえて設定した解析条件（平均粒径，防波堤なし，防潮堤設置ルート変更後）で砂移動評価を実施した結果，基準津波による取水口前面における砂の堆積厚さは，最大で 0.36m となった。

取水口の呑口下端高さは T.P. -6.04m である。これに対して，呑口前面の海底面高さは T.P. -6.89m であり，呑口下端高さは海底面高さより約 0.8m 高い位置にある。

以上のことから，基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを確認した。

また，平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について評価し，粒径が大きい砂ほど浮遊しにくいことを確認した。

a. 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、平均粒径（D50）に加えて、10%粒径（D10）及び90%粒径（D90）を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表 3.1.1-1 に示す。各試料採取地点の粒径加積曲線から D10 相当及び D90 相当の粒径を求め、平均した結果、D10 相当は 0.10mm, D90 相当は 1.8mm に設定した。試料採取位置を図 3.1.1-1 に、各試料採取地点の粒径加積曲線を図 3.1.1-2 に示す。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋他（1999）の方法を用いた。評価結果を表 3.1.1-2 に、堆積侵食分布図を図 3.1.1-3 に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、いずれも取水口前面においては、基本ケースより最大堆積厚さが薄くなっており、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

表 3. 1. 1-1 検討ケース

粒径	備考
0. 15mm	D ₅₀ , 基本ケース
0. 10mm	D ₁₀ 相当
1. 8mm	D ₉₀ 相当

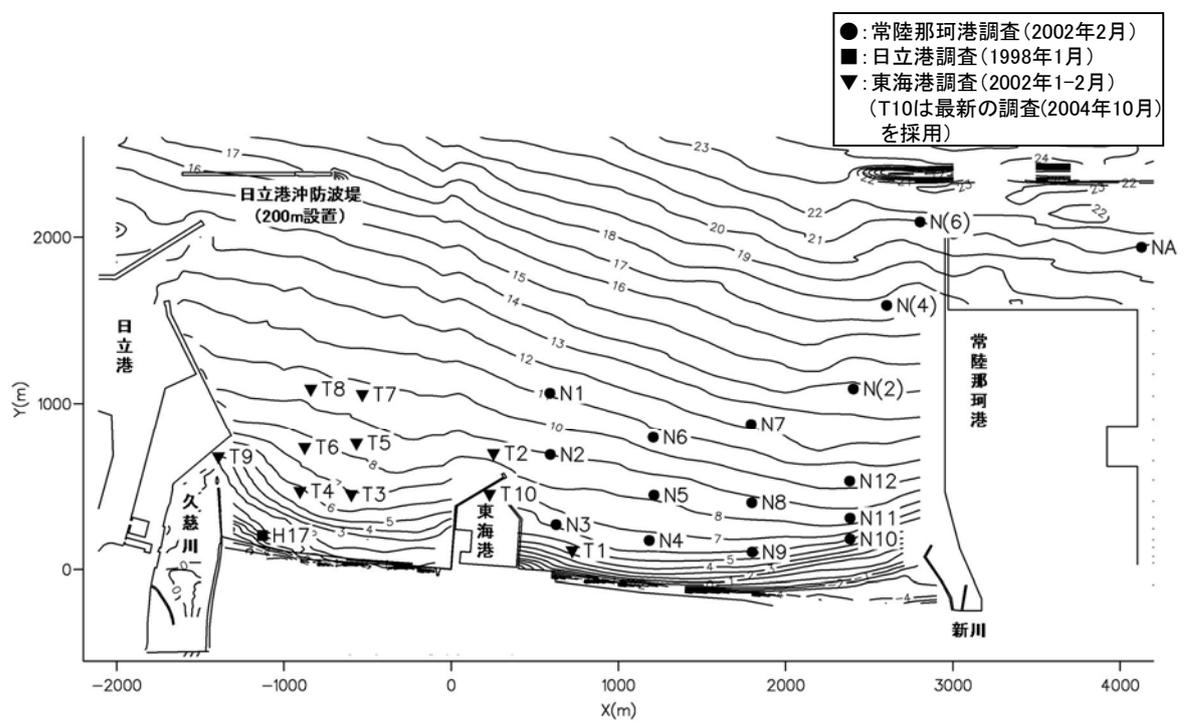


図 3. 1. 1-1 試料採取地点

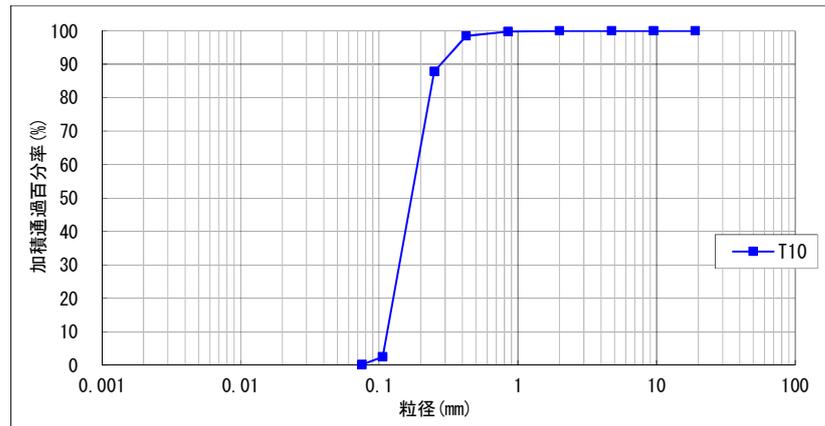


図 3.1.1-2(1) 粒径加積曲線 (2004年10月調査, T10)

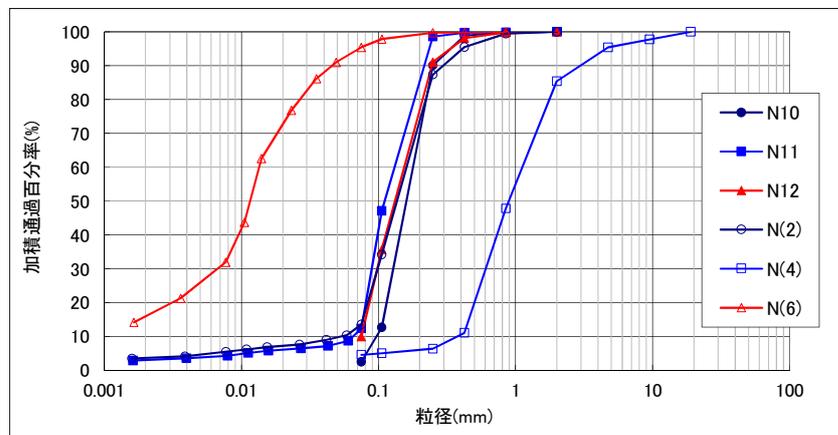


図 3.1.1-2(2) 粒径加積曲線 (2002年2月調査, N10/N11/N12/N(2)/N(4)/N(6))

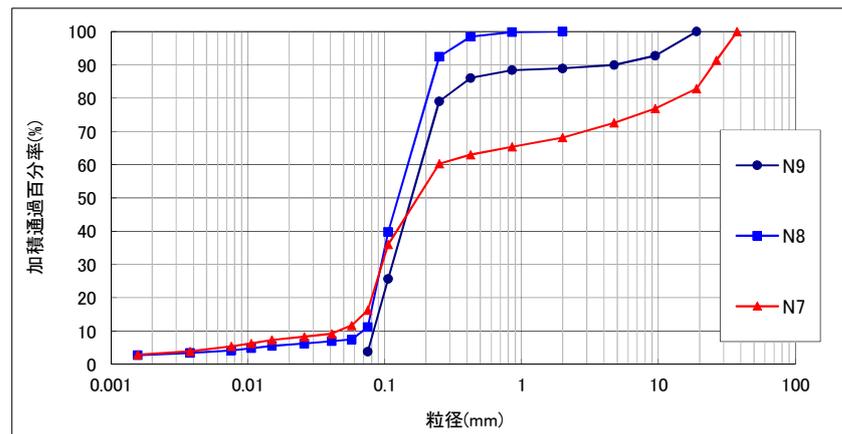


図 3.1.1-2(3) 粒径加積曲線 (2002年2月調査, N7/N8/N9)

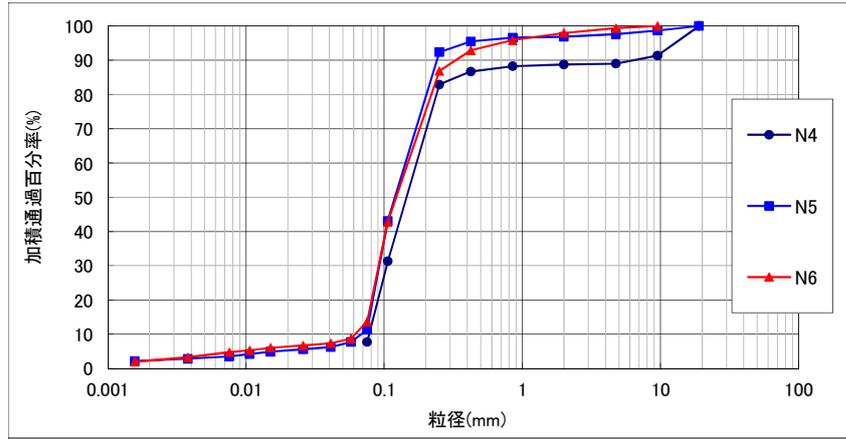


图 3.1.1-2 (4) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調查, N4/N5/N6)

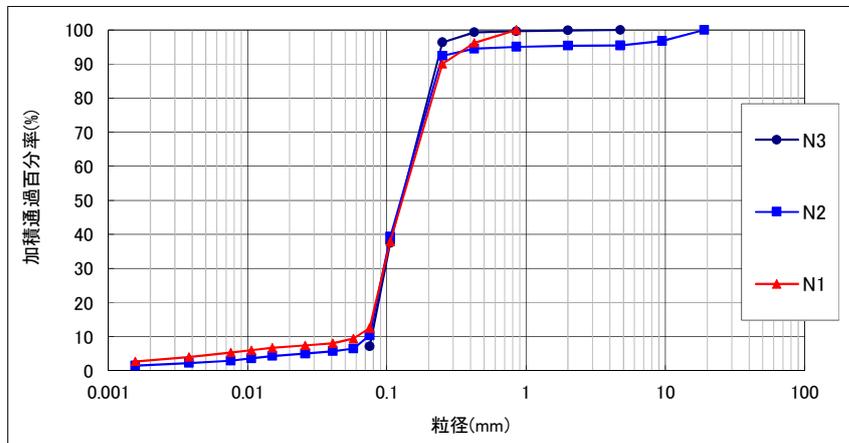


图 3.1.1-2 (5) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調查, N1/N2/N3)

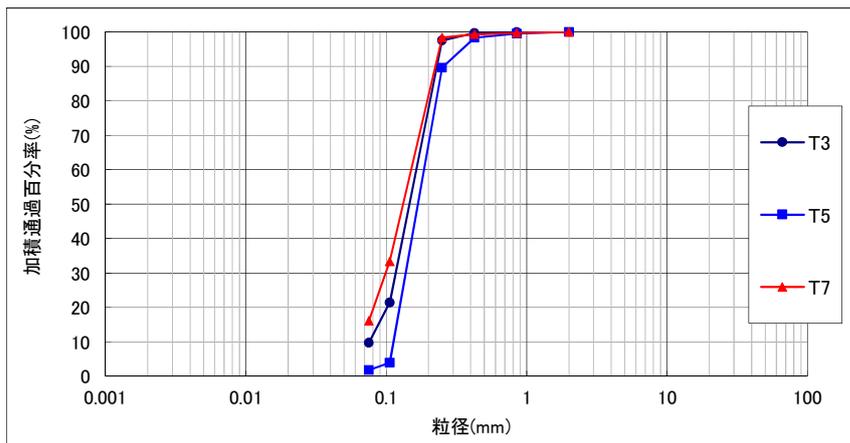


图 3.1.1-2 (6) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調查, T3/T5/T7)

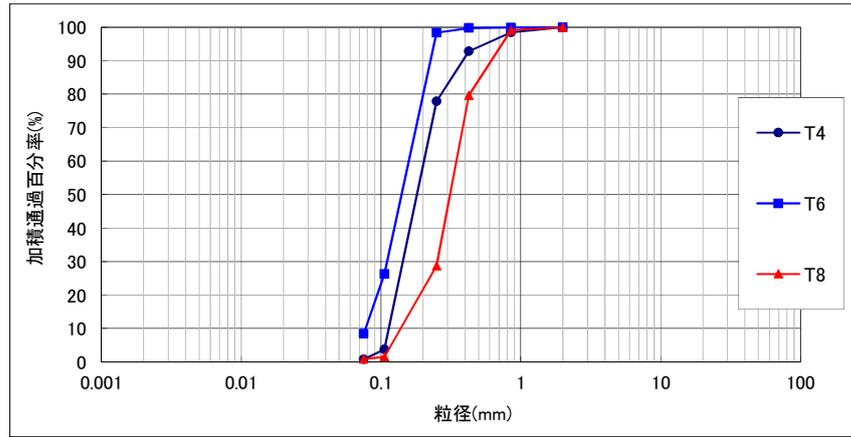


図 3.1.1-2 (7) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T4/T6/T8)

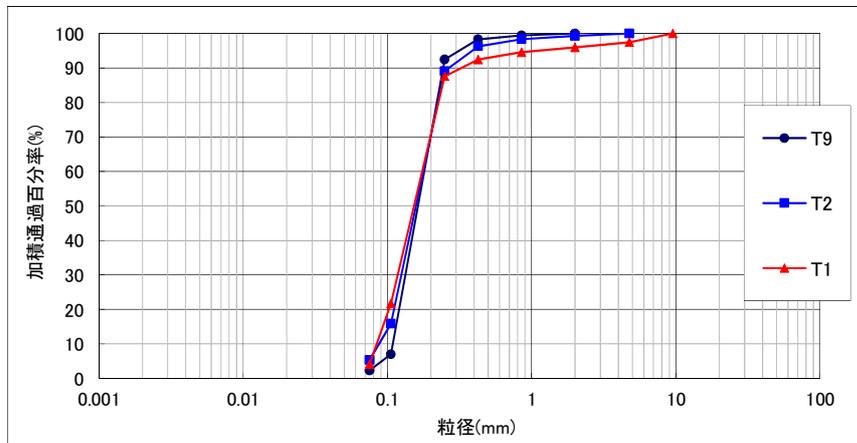


図 3.1.1-2 (8) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T1/T2/T9)

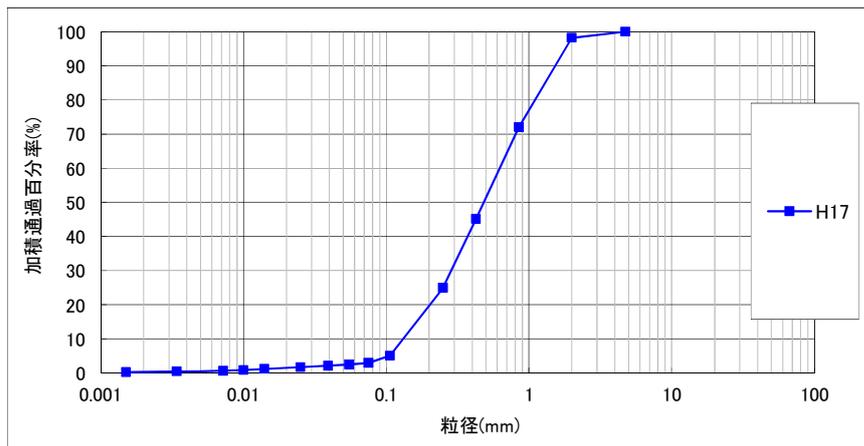


図 3.1.1-2 (9) 粒径加積曲線 (1998 年 1 月調査, H17)

表 3.1.1-2 取水口前面の堆積厚さ

基準津波	粒径	取水口前面
上昇側	D ₅₀ 相当 (0.15mm)	0.33m
	D ₁₀ 相当 (0.10mm)	0.31m
	D ₉₀ 相当 (1.8mm)	0.13m
下降側	D ₅₀ 相当 (0.15mm)	0.19m
	D ₁₀ 相当 (0.10mm)	0.18m
	D ₉₀ 相当 (1.8mm)	0.02m

※高橋他 (1999), 浮遊砂上限濃度 1%

水位上昇側

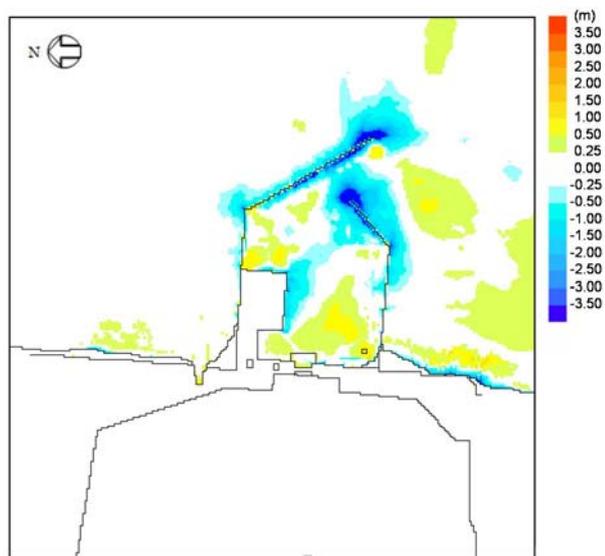


図 3.1.1-3 (1) 堆積侵食分布図 D₅₀ 相当 (0.15mm)

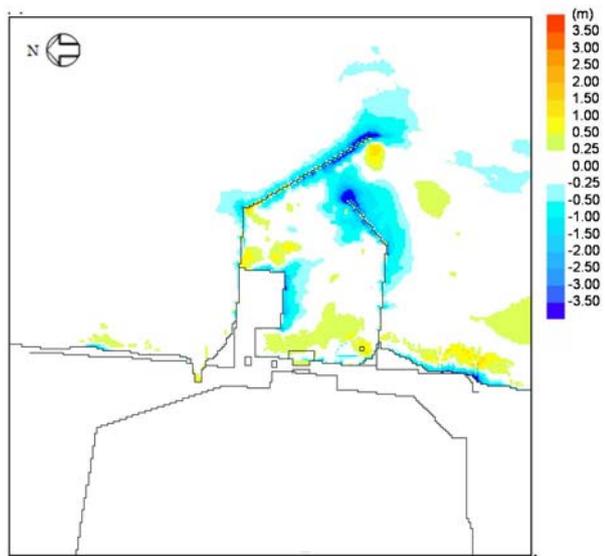


图 3.1.1-3 (2) 堆積侵食分布图 D_{10} 相当 (0.10mm)

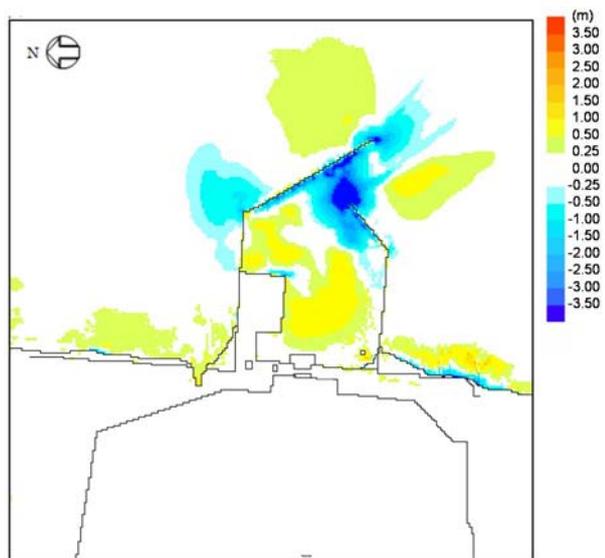


图 3.1.1-3 (3) 堆積侵食分布图 D_{90} 相当 (1.8mm)

水位下降側

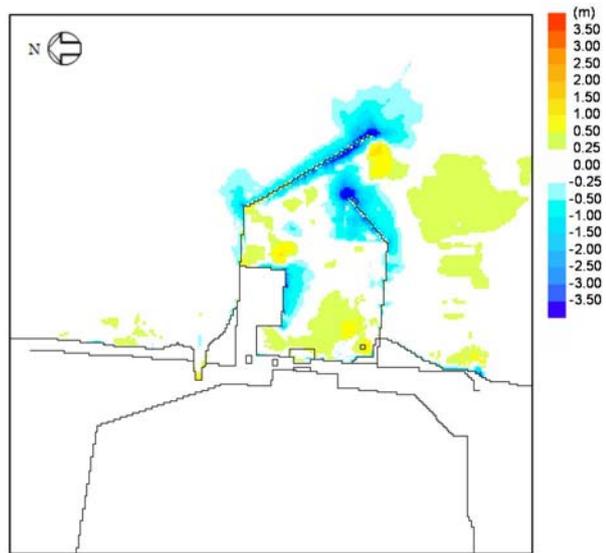


图 3.1.1-3 (4) 堆積侵食分布図 D_{50} 相当 (0.15mm)

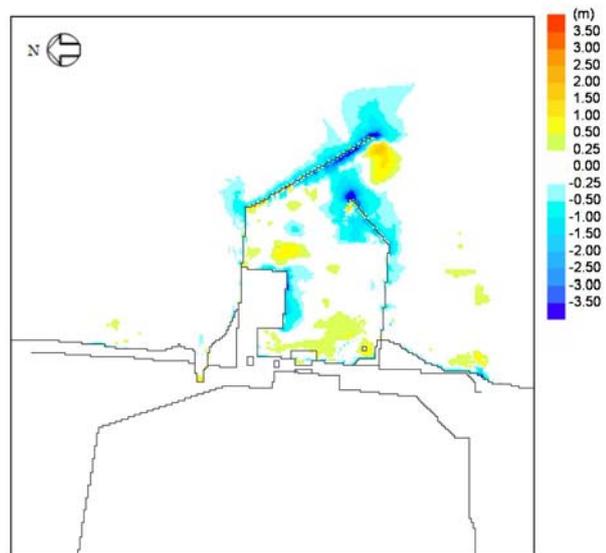


图 3.1.1-3 (5) 堆積侵食分布図 D_{10} 相当 (0.10mm)

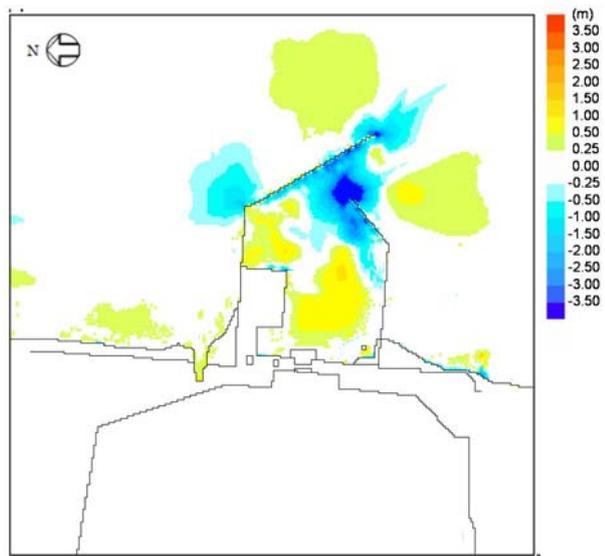


图 3.1.1-3 (6) 堆積侵食分布図 D_{90} 相当 (1.8mm)

b. 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、保守的に防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「(1) 砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響評価」と同様に、高橋他(1999)を参考に、平均粒径を用いて実施した。

評価結果を表 3.1.1-3 に示し、堆積侵食分布図を図 3.1.1-4 に示す。防波堤の有無による堆積厚さの変化は評価地点による違いが多少あるものの、最大堆積厚さについては大差なく、防波堤の有無による影響は小さい。

表 3.1.1-3 取水口前面の堆積厚さ

基準津波	防波堤	取水口前面
上昇側	あり	0.33m
	なし	0.36m
下降側	あり	0.19m
	なし	0.23m

※高橋他(1999), 浮遊砂上限濃度 1%

水位上昇側

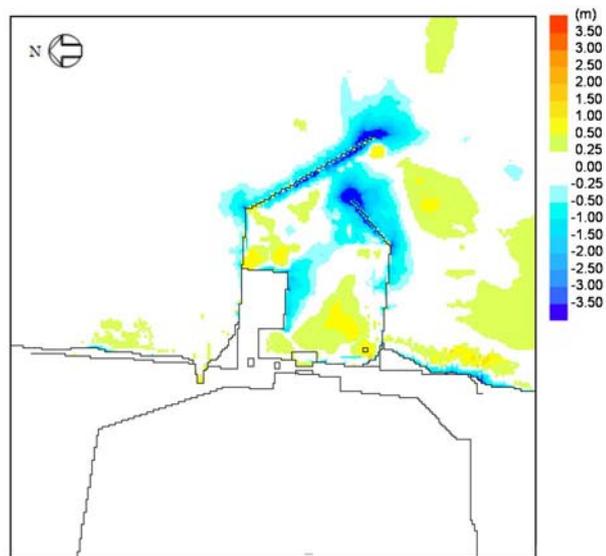


図 3. 1. 1-4 (1) 堆積侵食分布図 防波堤あり

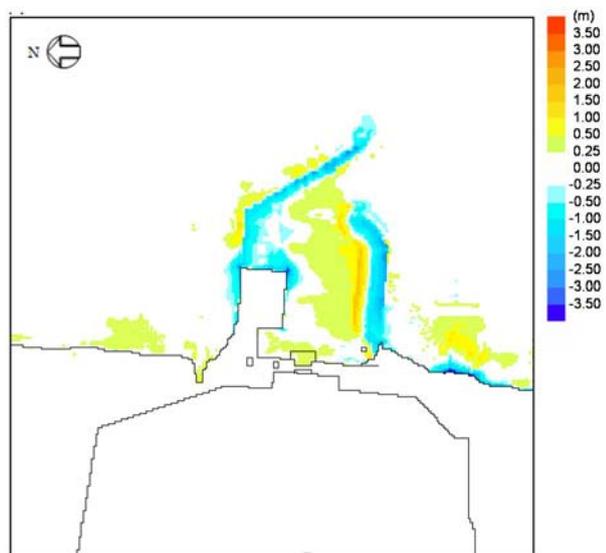


図 3. 1. 1-4 (2) 堆積侵食分布図 防波堤なし

水位下降側

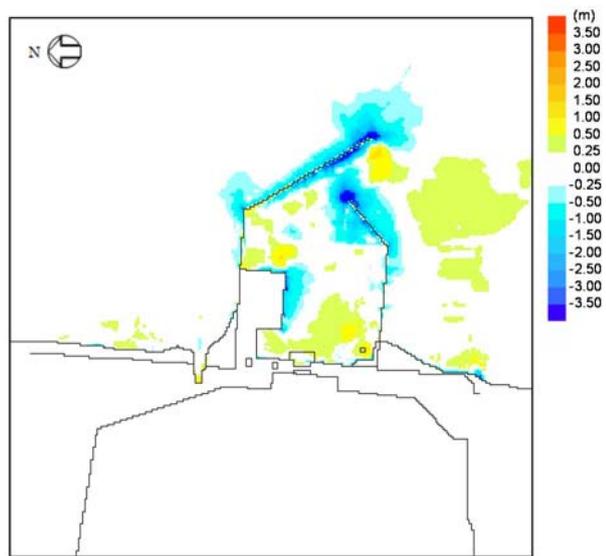


図 3.1.1-4 (3) 堆積侵食分布図 防波堤あり

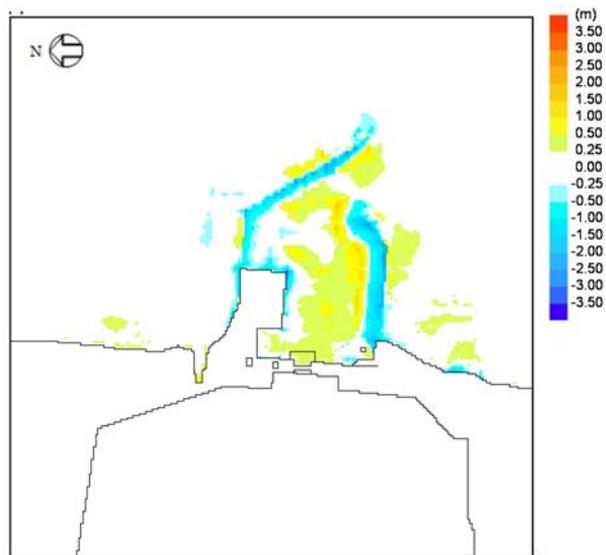


図 3.1.1-4 (4) 堆積侵食分布図 防波堤なし

c. 防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響評価

a, b の影響評価の結果から砂の堆積厚さが最も大きい解析条件（防波堤なし，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%，平均粒径）と同様の条件にて防潮堤設置ルートを変更したモデルにより砂移動評価を実施した。

評価結果（砂の堆積厚さ）を表 3. 1. 1-4 に，堆積侵食分布図を図 3. 1. 1-5 に示す。

防潮堤設置ルート変更前後における砂移動評価結果から，堆積侵食分布図に差異がなく，取水口前面における砂の堆積厚さについても大差ないことを確認した。

よって，防潮堤設置ルート変更に伴う砂移動評価結果への影響はないことから，防潮堤設置ルート変更前のモデルで評価した結果（砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響）を用いることは問題ないと考えられる。

表 3. 1. 1-4 評価結果

基準津波	取水口前面における砂の堆積厚さ	
	防潮堤設置ルート変更前	防潮堤設置ルート変更後
上昇側	0. 36m	0. 36m
下降側	0. 23m	0. 23m

※解析条件（防波堤なし，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%，平均粒径）

水位上昇側

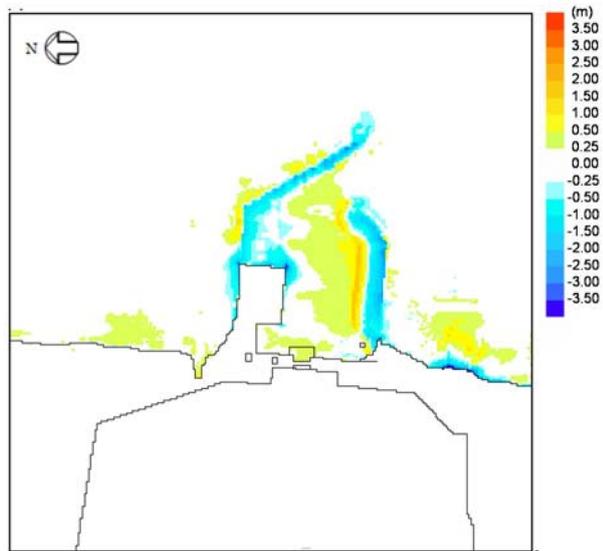


図 3.1.1-5 (1) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更前

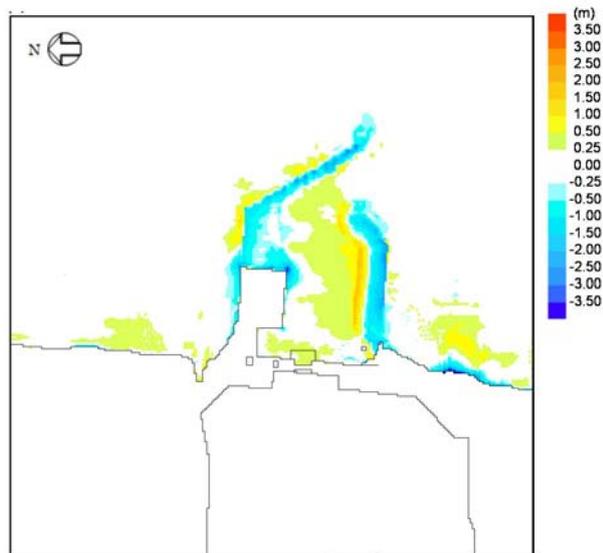


図 3.1.1-5 (2) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更後

水位下降側

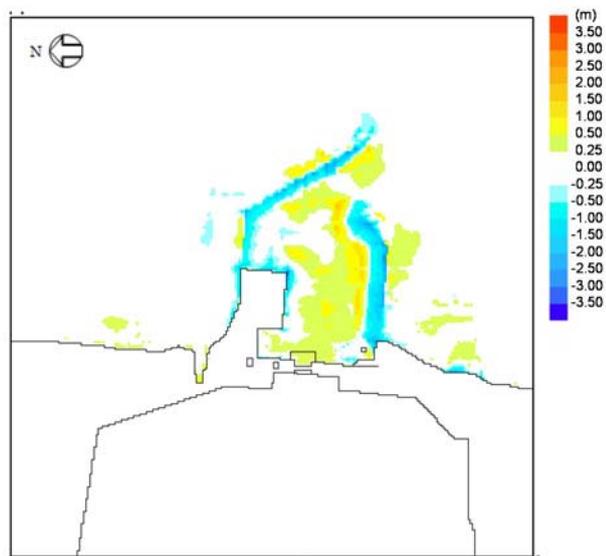


図 3.1.1-5 (3) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更前

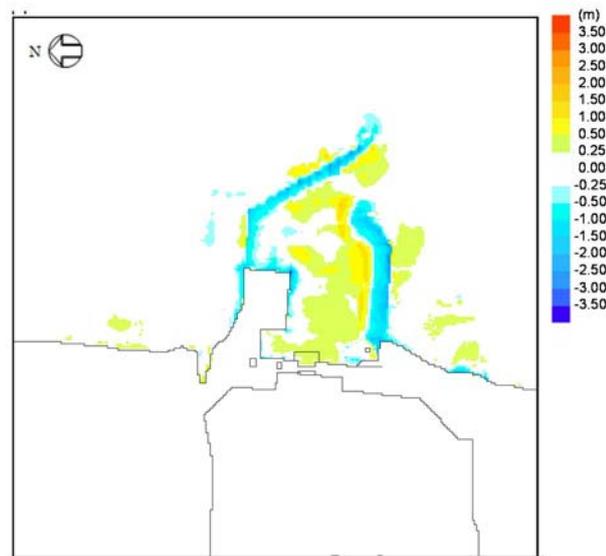


図 3.1.1-5 (4) 堆積侵食分布図 防潮堤設置ルート変更後

d. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。大きな粒径を有する砂が供給される場合は、非常用海水ポンプの軸固着又は、海水系機器の閉塞が懸念されることから、ここでは平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について、一般的な技術知見を用いて評価を実施した。

砂移動に関する技術知見としては、①沈降速度、②移動形態、③底面摩擦速度の関係がある。

沈降速度 (Rubey 式 (河川・海岸の砂移動で一般的に使用))

$$\frac{w_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd^3}}$$

w_f : 土砂の沈降速度, s : 土砂の水中比重, g : 重力加速度 (=9.8), d : 土砂の粒径
 v : 水の動粘性係数 ($\approx 1.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)

移動形態※ (荒井・清水「現場のための水理学3」)

掃流卓越領域..... $\frac{u^*}{w_f} < 1.08$

掃流・浮遊の混在領域..... $1.08 < \frac{u^*}{w_f} < 1.67$

浮遊卓越領域..... $1.67 < \frac{u^*}{w_f}$

※ 土砂粒子の浮遊速度と沈降速度の関係から導出した理論式。

底面摩擦速度 (岩垣式 (河川・海岸の砂移動で一般的に使用))

$$\begin{aligned} d \geq 0.303 \text{ cm} ; u_{*c}^2 &= 80.9d \\ 0.118 \leq d \leq 0.303 \text{ cm} ; &= 134.6d^{31/32} \\ 0.0565 \leq d \leq 0.118 \text{ cm} ; &= 55.0d \\ 0.0065 \leq d \leq 0.0565 \text{ cm} ; &= 8.41d^{11/32} \\ d \leq 0.0065 \text{ cm} ; &= 226d \end{aligned}$$

①～③を整理すると図 3.1.1-6 となり、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂は浮遊しにくい。

東海第二発電所のサイト条件を踏まえた上で、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について考察した。対象地点については、海水ポンプ室の閉塞性への影響を踏まえ、取水口前面とした。

まずは浮遊可能性の検討に必要な摩擦速度を算出した。摩擦速度の算出に当たっては、砂移動による砂の堆積量が大きい上昇側の基準津波における取水口前面の流速と全水深を用いた。

$$u_* = \sqrt{gn^2U|U|/D^{1/3}} \quad (\text{マニング則})$$

摩擦速度は u_* で表される。ここで、 n はマニングの粗度係数、 U は流速、 D は全水深である。マニングの粗度係数 $n : 0.03\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ (土木学会 2016) を用いた。流速 U 及び全水深 D については、最大流速時における流速 (1.5m/s) と全水深 (17.8m)、最高水位時における流速 (0.9m/s) と全水深 (21.6m) 及び最低水位時における流速 (0.01m/s) と全水深 (2.1m) とした。

計算の結果、最大流速時の摩擦速度は 8.7cm/s、最高水位時の摩擦速度は 5.0cm/s、最低水位時の摩擦速度は 0.1cm/s となった。これらを考慮すると、取水口前面の摩擦速度は主に 0.1~8.7cm/s の範囲内となると考えられる。

粒径については粒径加積曲線の結果から、東海第二発電所前面における平均粒径 (D_{50}) は 0.15mm であり、 D_{90} 相当は 1.8mm である。

摩擦速度と粒径の関係から、最大流速時及び最高水位の場合、平均粒径 (D_{50}) では浮遊卓越となるが D_{90} 相当では掃流卓越となる。よって、東海第二発電所のサイト条件を踏まえても、粒径が大きい砂ほど浮遊しにくいと考えられる。

なお、非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝 (最小約 3.7mm) が設けられている。砂の粒径の 90% を占める D_{90} 相当でも粒径は 1.8mm であり、最小約 3.7mm を大きく下回る。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。

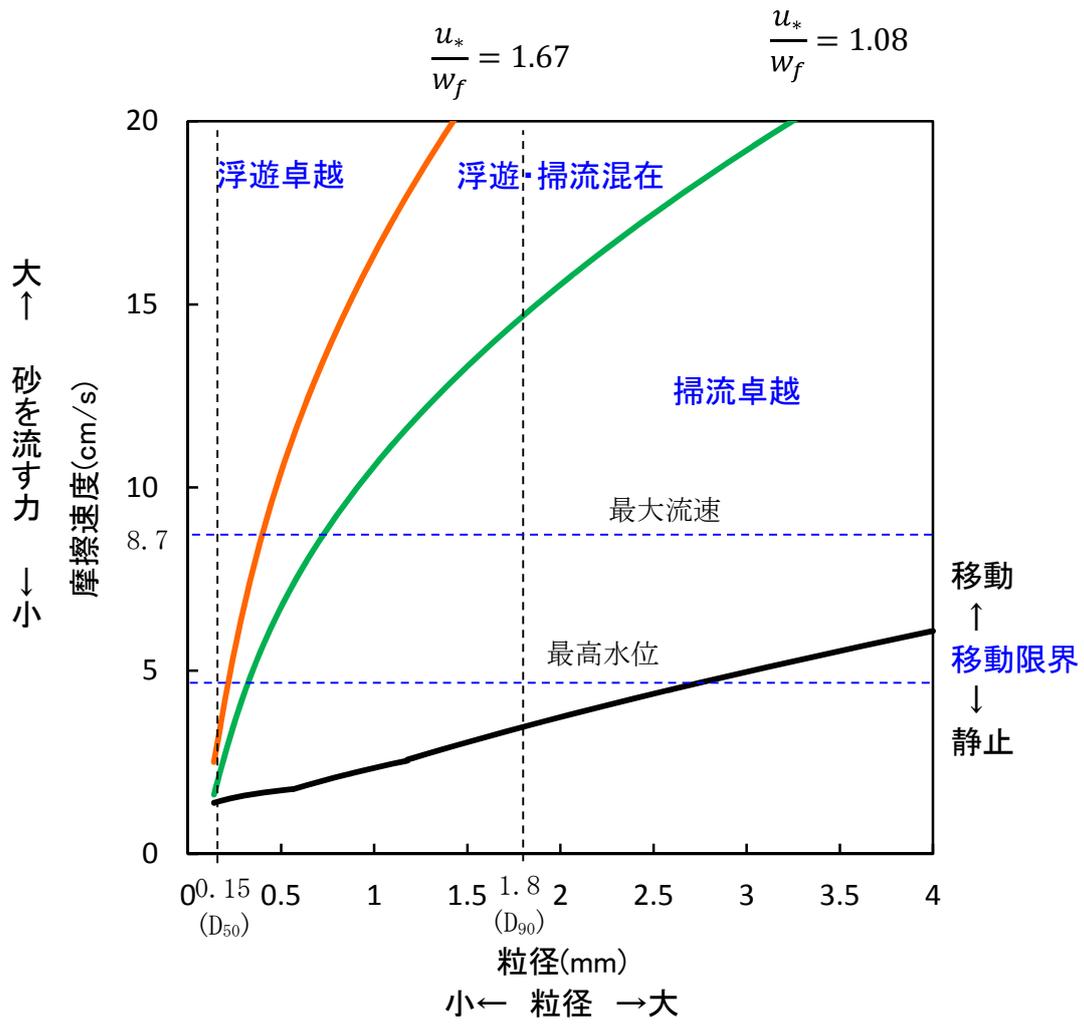


図 3. 1. 1-6 摩擦速度と粒径の関係

(2) 砂混入時の施設への影響について

a. 砂混入時の非常用海水ポンプ取水機能維持の確認

基準津波による浮遊砂については、除塵装置で除去することが困難であることから、非常用海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して、軸固着することなく機能保持できる設計であることを以下のとおり確認した。

非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝（最小約 3.7mm）が設けられている。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。図 3.1.2-1 に残留熱除去系海水系ポンプの軸受配置図、図 3.1.2-2 に非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの軸受配置図を示す。

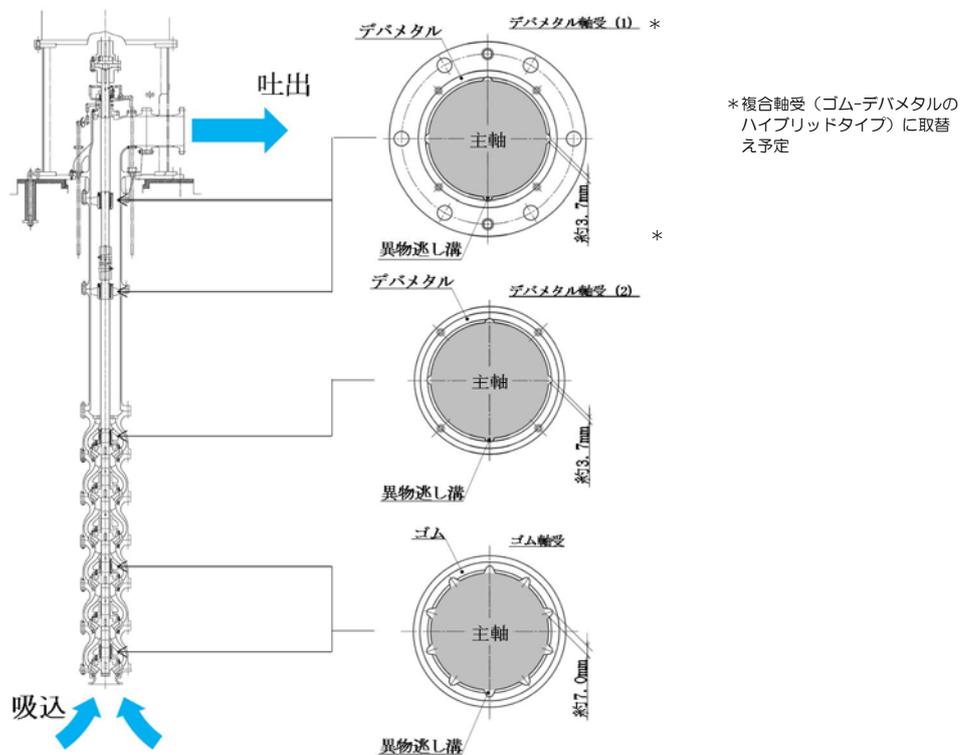


図 3.1.2-1 残留熱除去系海水系ポンプ軸受配置図

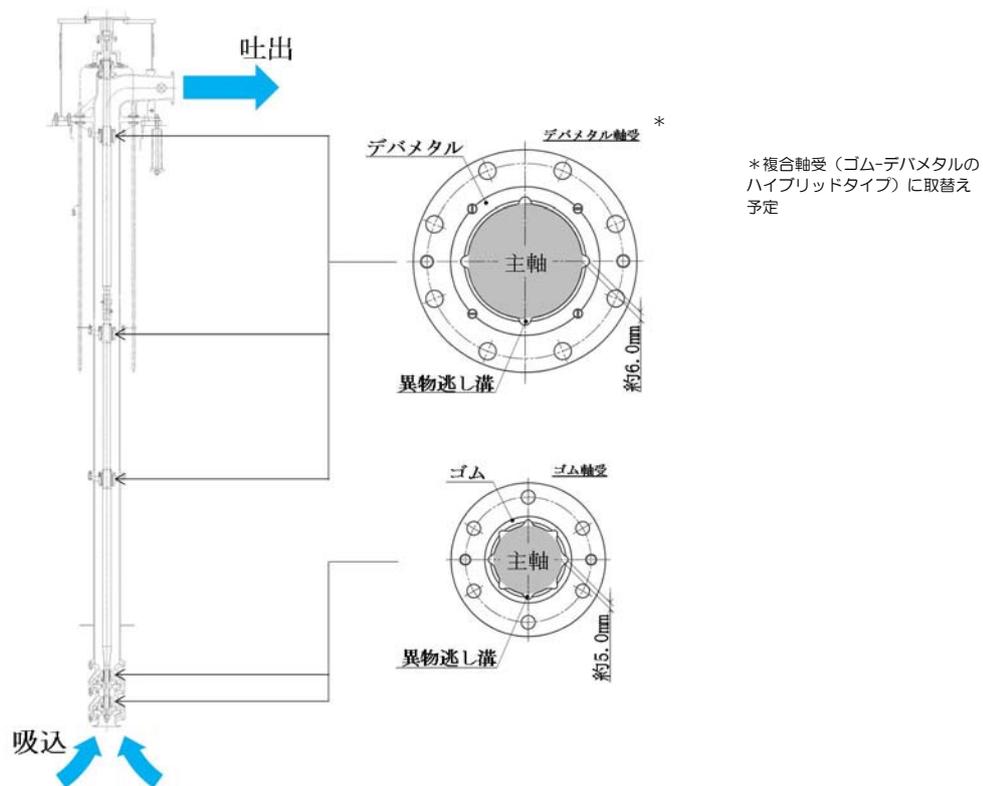


図 3. 1. 2-2 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系
ディーゼル発電機用海水ポンプ軸受配置図

これに対して、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径は約 0.15mm で、数ミリ以上の粒子はごくわずかであり、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられる。このため、非常用海水ポンプは、砂の混入に対して軸固着することなく取水機能は維持できる。

また、砂の混入による軸受摩耗の評価として、非常用海水ポンプの軸受を模擬した供試材を用いた軸受摩耗試験を実施し、ゴム軸受及び複合軸受に十分な浮遊砂耐性があることを確認した。

b. 混入した浮遊砂に対する取水性確保

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。

海水系の各機器の最小流路幅は、残留熱除去系海水系ポンプから供給される低圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプから供給される高圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器の約 4.8 mm であり、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径である約 0.15mm に対して十分大きい。このため、海水系の各機器の閉塞の可能性はないものと考えられ、海水ポンプの取水機能は維持できる。

図 3. 1. 2-3～図 3. 1. 2-5 に非常用海水ポンプの概略系統図、表 3. 1. 2-1～表 3. 1. 2-3 に

非常用海水系の各機器の最小流路幅を示す。

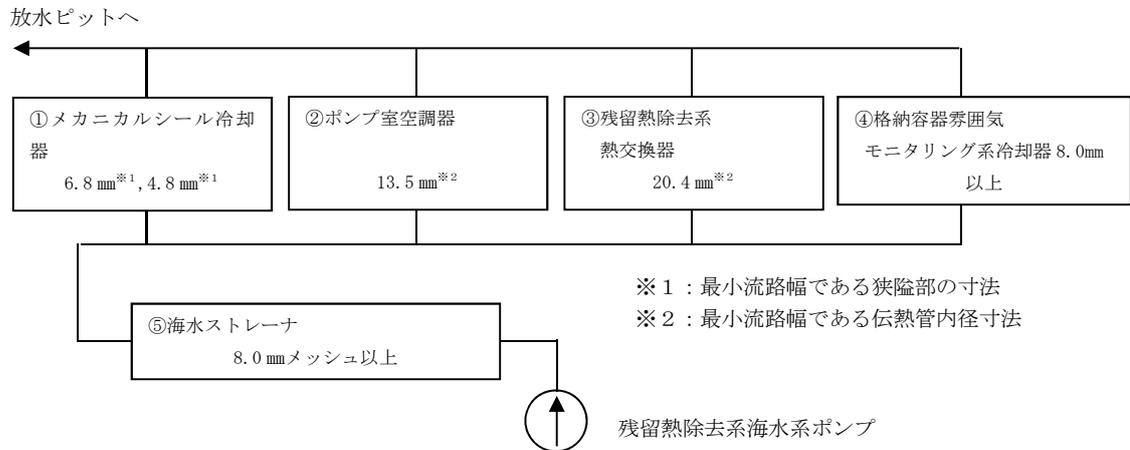


図 3. 1. 2-3 非常用海水ポンプの概略系統図（残留熱除去系のうち海水ライン）

表 3. 1. 2-1 非常用海水系の各機器の最小流路幅（残留熱除去系のうち海水ライン）

海水供給機器		最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①メカニカル シール冷却器	残留熱除去系ポンプ メカニカルシール冷却器	6.8	約 0.15
	低圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
②ポンプ室 空調器	残留熱除去系ポンプ室空調器	13.5	
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ室空調器	13.5	
③残留熱除去系 熱交換器	残留熱除去系熱交換器	20.4	
④格納容器雰囲気 モニタリング系 冷却器	格納容器雰囲気 モニタリング系冷却器	8.0mm 以上	
⑤海水 ストレーナ	残留熱除去系海水系ストレーナ	8.0mm メッシュ 以上	

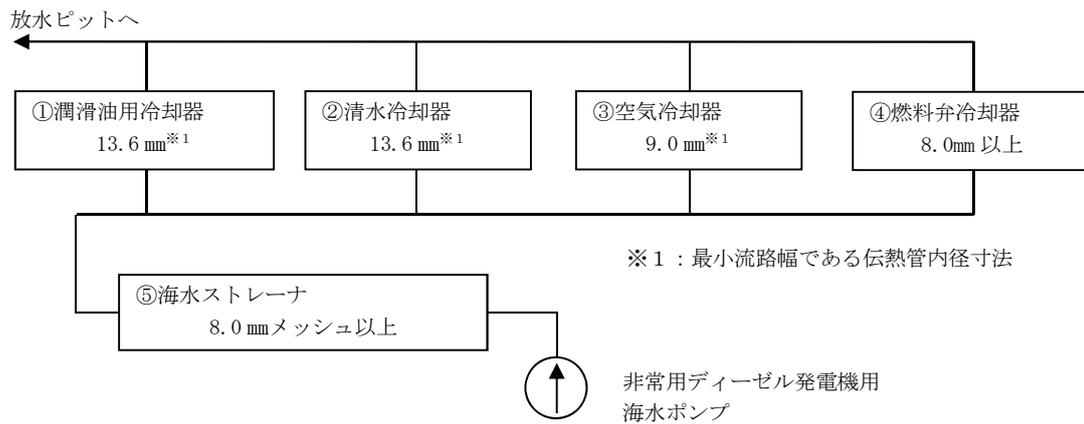


図 3. 1. 2-4 非常用海水ポンプの概略系統図 (非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン)

表 3. 1. 2-2 非常用海水系の各機器の最小流路幅 (非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン)

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①非常用ディーゼル発電機用潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
②非常用ディーゼル発電機用清水冷却器	13.6	
③非常用ディーゼル発電機用空気冷却器	8.0mm 以上	
④非常用ディーゼル発電機燃料弁冷却器	13.6	
⑤非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ	8.0mm メッシュ 以上	

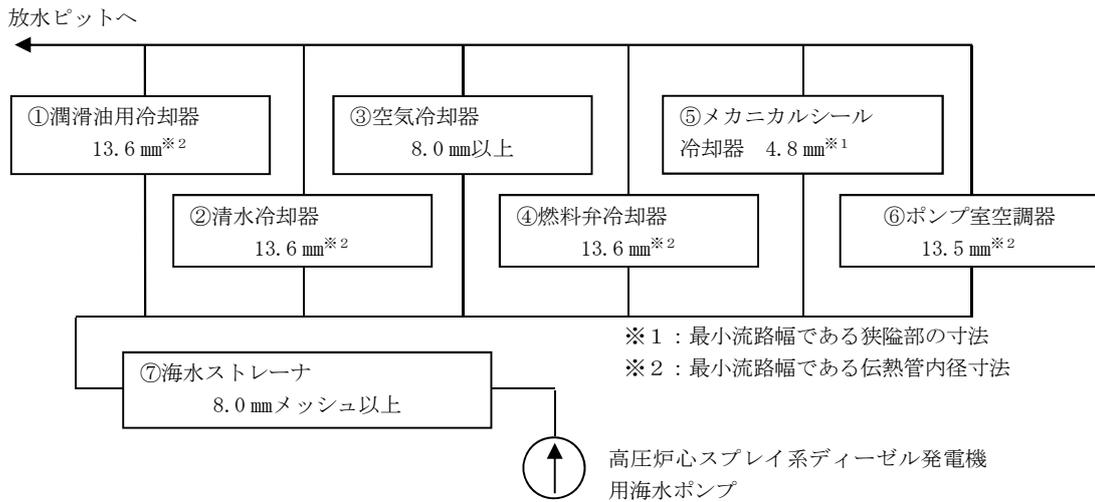


図 3.1.2-5 非常用海水ポンプの概略系統図
 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

表 3.1.2-3 非常用海水系の各機器の最小流路幅
 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
①高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
②高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 清水冷却器	13.6	
③高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 空気冷却器	8.0mm 以上	
④高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 燃料弁冷却器	13.6	
⑤高圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
⑥高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
⑦高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ストレーナ	8.0mm メッシュ 以上	

c. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

(a) 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

東海第二発電所の非常用海水ポンプは、海水取水時に海水中に含まれる浮遊砂を吸い込み、軸受隙間に入り込む可能性を考慮し、砂が混入してもこれを排出することで機能維持可能な設計としている（図 3.1.2-6）。また、これまでの運転実績から、浮遊砂混入によるトラブルは発生していない。

しかしながら、津波発生時は、津波により海底の砂が巻き上げられ、通常よりも浮遊砂環境が厳しくなる可能性があることから、既設のデバメタル軸受については、浮遊砂に対する耐性の高い複合軸受に取り替える計画とし、試験装置を用い、高濃度の浮遊砂濃度を模擬した試験を実施し、非常用海水ポンプ軸受の耐性を評価した。

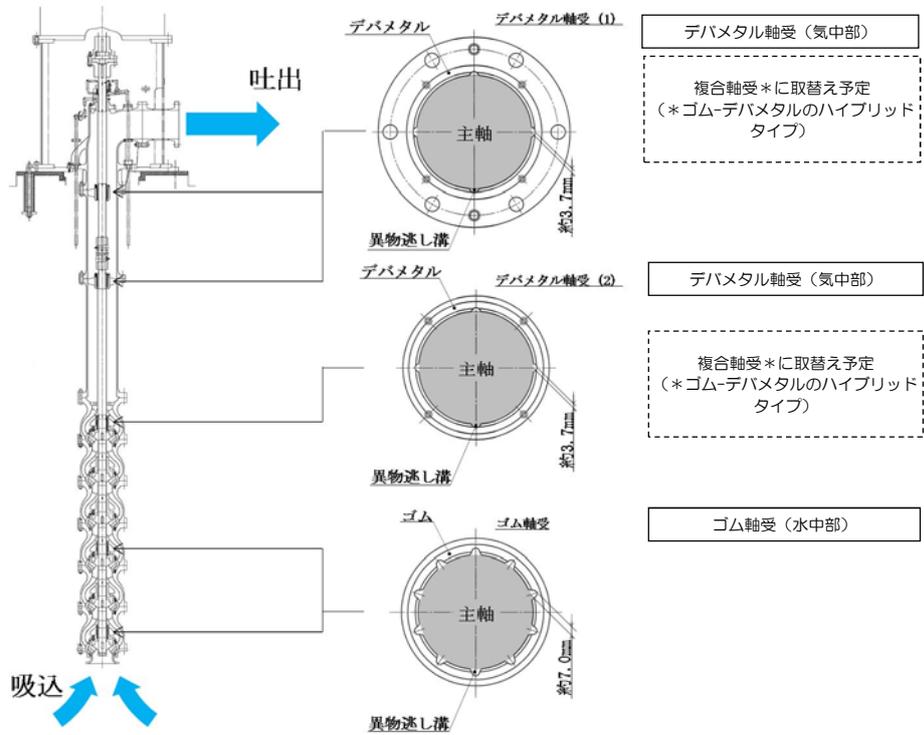


図 3.1.2-6 非常用海水ポンプ断面図，軸受図

(b) 軸受摩耗試験

試験装置に、軸受供試材を取り付けて一定時間運転し、運転前後の供試材寸法測定により摩耗量を求めた。試験溶液の砂濃度は、通常運転時模擬濃度 0.02[wt%]及び高濃度 3[wt%]を設定し、試験時間を通して、連続的にこの濃度の溶液が軸受に供給される試験系統とした。

試験装置の概略構成図を図 3.1.2-7 に示す。

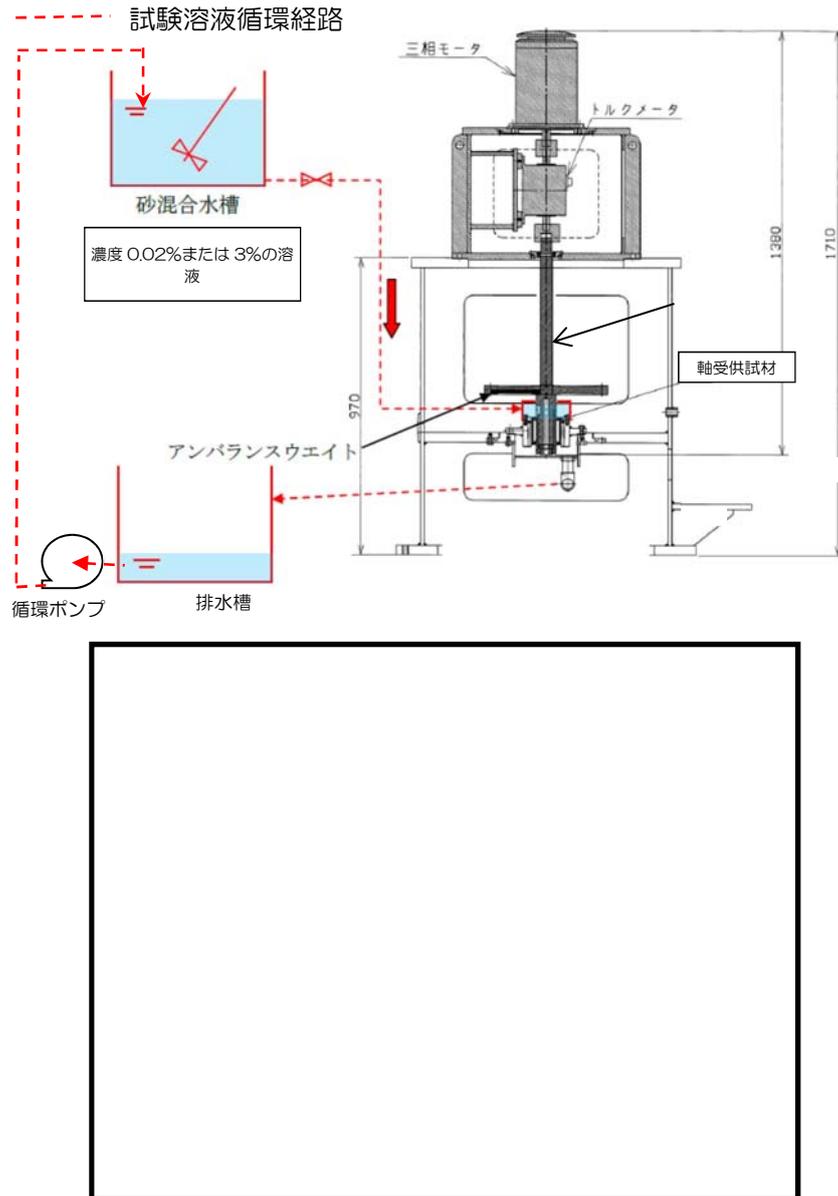


図 3.1.2-7 試験装置概略図

軸受供試材は、既設のゴム軸受（水中部）と、複合軸受（デバメタル軸受（気中部）から取替を計画している軸受※）の供試材を用いた。

表 3.1.2-4 に、軸受摩耗試験条件を示す。

※以下のとおり東海第二発電所と類似環境で運用される同型式の海水ポンプに採用実績がある。また、良好な運転実績（軸受に起因する不具合なし）がある。

- A原子力発電所 a 号炉
- A原子力発電所 b 号炉
- B原子力発電所 a 号炉
- B原子力発電所 b 号炉
- B原子力発電所 c 号炉
- B原子力発電所 d 号炉
- C原子力発電所 a 号炉

表3.1.2-4 軸受摩耗試験条件

項目	試験条件
回転数 [m/s]	試験装置：5(実機：9.4* ¹)
面圧 [kPa]	3.7* ²
砂粒径 [mm]	0.15
軸受供試材材料	ゴム，複合型
試験時間[hr]	5

*1：試験時摩耗量に9.4/5を乗じて実機周速に補正

*2：回転体アンバランスによる実機の振れ回りを再現した荷重

軸受摩耗試験結果から，寿命評価式（①式）を用いて比摩耗量 K_1 を算出した結果を以下に示す。

$$T_1 = \frac{\sigma}{PVK_1} \dots \textcircled{1}$$

（機械工学便覧参照）

- K_1 : 比摩耗量[mm²/kgf]
- σ : 摩耗量[mm]
- P : 軸受面圧[kgf/mm²]
- V : 周速[mm/s]
- T_1 : 摩耗量 σ に至るまでの時間[s]

【ゴム軸受】

- 0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1 (\omega_0)$ 2.74×10^{-7} [mm²/kgf]
- 3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1 (\omega)$ 4.65×10^{-6} [mm²/kgf]

【複合軸受】

- 0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1 (\omega_0)$ 9.41×10^{-7} [mm²/kgf]
- 3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1 (\omega)$ 5.76×10^{-6} [mm²/kgf]

$K_1 \omega_0$: 0.02[wt%]における比摩耗量

$K_1 \omega$: 3 [wt%]における比摩耗量

(c) 軸受寿命評価 (0.02[wt%], 3[wt%])

試験時、基準津波時の浮遊砂濃度 (評価点) が未知であったことから、通常時を模擬した浮遊砂濃度 0.02[wt%]と、基準津波時に予想される高濃度を包絡すると予想される濃度 3[wt%]で摩耗量を実測し、比摩耗量及び軸受寿命を算出した結果を表 3.1.2-5 に示す。

表3.1.2-5 比摩耗量と軸受寿命 (0.02[wt%], 3[wt%])

0.02wt%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.02%	0.0171	0.00037	9400	2.73145E-07	1.012	1065263.158	295.9064327
複合軸受/ 0.02%	0.0589	0.00037	9400	9.40834E-07	1.012	309269.9491	85.90831919
3wt%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 3%	0.5814	0.00037	9400	4.64347E-06	1.012	62662.5387	17.40626075
複合軸受/ 3%	0.7201	0.00037	9400	5.75123E-06	1.012	50592.9732	14.05360367

摩耗量 (平均) : 軸受試験前と試験後の寸法差の平均

面圧 : 実機を模擬した面圧

周速 : 実機周速

比摩耗量 : ①式にて算出

許容隙間 : 設計許容隙間

軸受寿命 : 初期隙間が許容隙間に至るまでの時間

(d) 軸受寿命評価(0.48[wt%])

基準津波時の砂移動解析結果から、非常用系海水ポンプ室近傍の浮遊砂濃度は、0.18[vol%]との結果が得られたことから、砂の密度 2.72[g/cm³]を乗じて重量濃度 0.48[wt%]に換算した上で、比摩耗量の式(②)を参考に、0.02 [wt%] と 3 [wt%] の試験結果から、浮遊砂濃度 0.48[wt%]における比摩耗量を算出した。

なお、比摩耗量の式(②)は公開文献「立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究」*から引用している。この公開文献では、200~3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており、比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており、この知見を参考とした。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left[\frac{C_\omega}{C_0} \right]^{0.9} \dots \textcircled{2}$$

*出典：立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究，湧川ほか（日本機械学会論文集（B編）53巻491号（昭62-7）、pp.2094~2098

②式を参考とし、0.02[wt%]の比摩耗量と3[wt%]の比摩耗量の2点間が線形近似できると評価し、以下の式にて0.48[wt%]におけるゴム軸受と複合軸受の比摩耗量を算出した。

【ゴム軸受】



【複合軸受】



③及び④を元に寿命評価した結果，隙間許容値に至るまでの運転時間は，表 3. 1. 2-6 のとおり，ゴム軸受で約 49 時間，複合軸受で約 27 時間と評価した。

表3. 1. 2-6 比摩耗量と軸受寿命(0. 48wt%)

0.48wt%(評価濃度)における寿命評価							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm ²]	周速[mm/s ²]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.48	—	0.00037	9400	1.64748E-06	1.012	176616.1197	49.06003324
複合軸受/ 0.48	—	0.00037	9400	2.9662E-06	1.012	98095.94829	27.24887453

浮遊砂濃度と比摩耗量との相関関係を図 3. 1. 2-8 及び図 3. 1. 2-9 に示す。



図3.1.2-8 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（ゴム軸受）



図3.1.2-9 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（複合軸受）

(e) 浮遊砂濃度のピーク時間の評価

基準津波時の砂移動計算結果から得られた砂濃度の時刻歴グラフを図 3.1.2-10 に、取水口及び取水構造物（取水路及び取水ピット）の配置を図 3.1.2-11 に示す。また、砂移動計算の諸条件を表 3.1.2-6 に、その他の解析条件を表 3.1.2-7 に示す。

非常用海水ポンプが設置される全水路の計算結果から、最も高い砂濃度を示す E 水路のケースを想定しても、基準津波時の浮遊砂濃度のピークは数分で収束し、軸受摩耗試験で設定したような連続 5 時間の高濃度の状態は認められない。

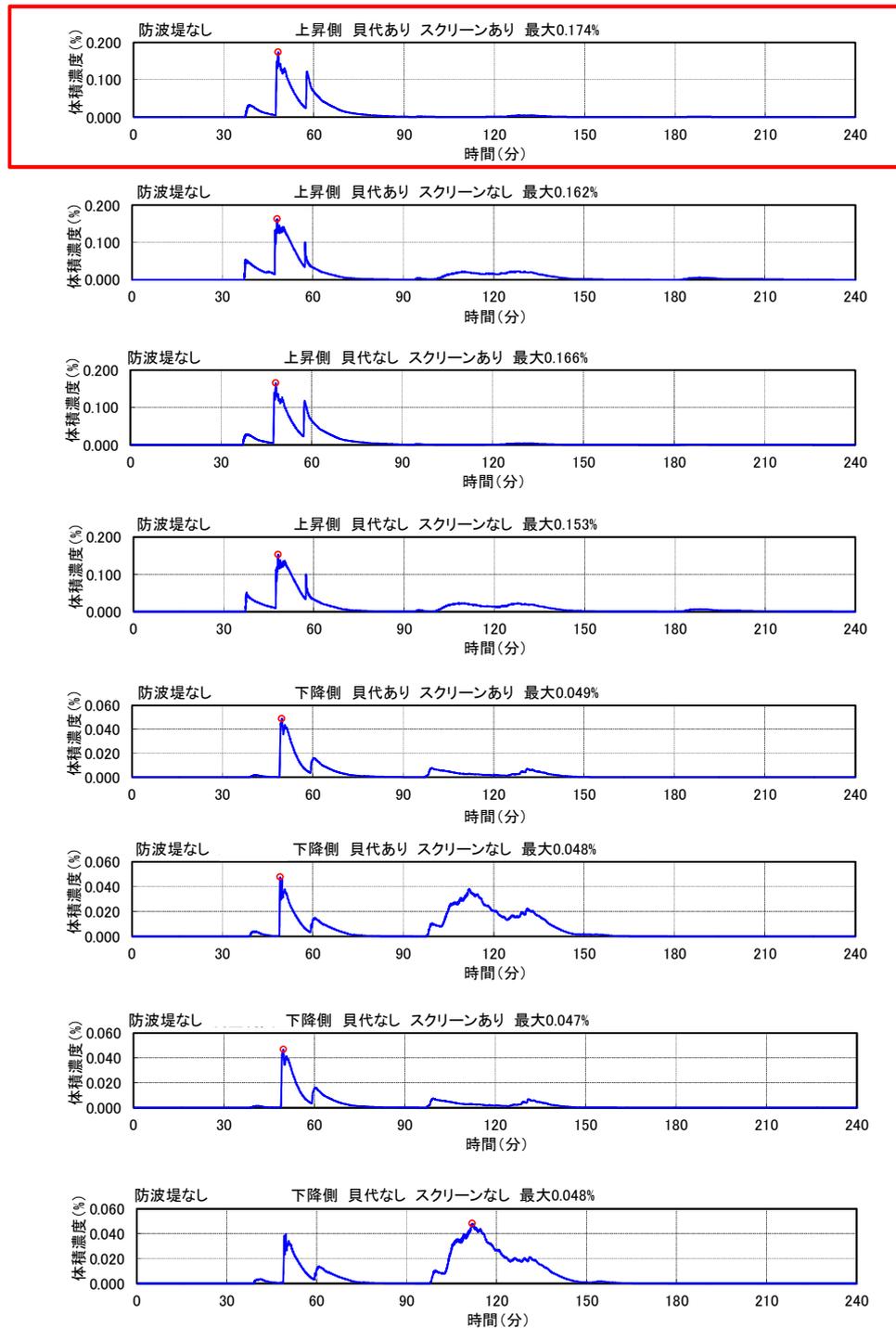


図3.1.2-10 浮遊砂濃度時刻歴グラフ
(E水路水位上昇時(防波堤なし, 貝代考慮, スクリーンあり))

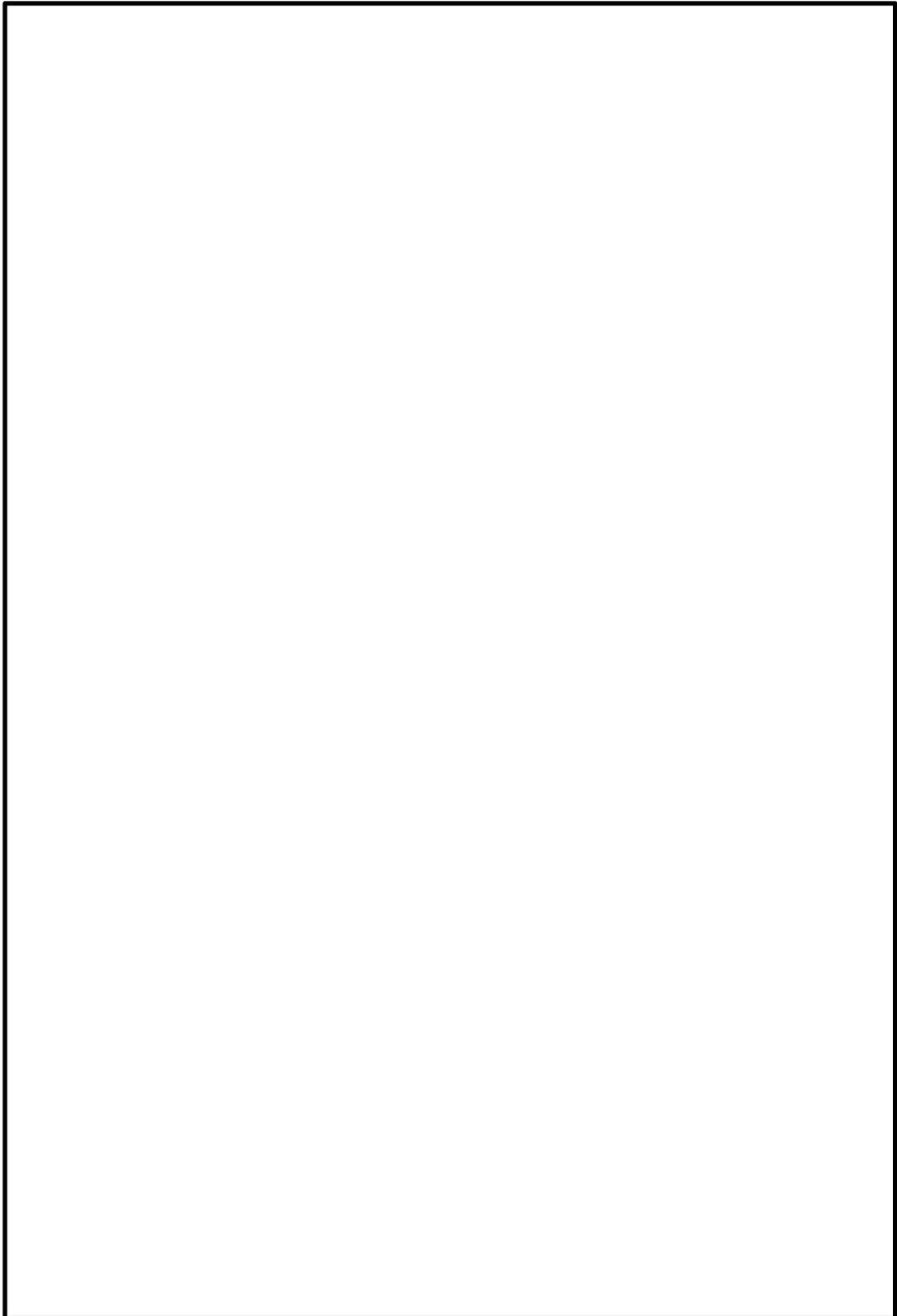


図3.1.2-11 取水口及び取水構造物（取水路及び取水ピット）配置図

表3.1.2-6 砂移動計算の諸条件

	設定値	備考
砂移動モデル	高橋ほか(1999)によるモデル	
マニングの粗度係数	0.03[m ^{-1/3} ・s]	土木学会(2002)より
浮遊砂体積濃度 上限値	1, 3, 5[vol%] うち, 1[vol%]が最もよく砂移動を再現している と確認できたことから, 上限濃度1%時の 解析結果を採用	
砂の粒径	0.15[mm]	底質調査より設定
砂粒の密度	2.72[g/cm ³]	底質調査より設定

表3.1.2-7 その他の解析条件

項目	評価条件
海水取水流量[m ³ /hr]	2549.4*
その他の考慮事項	防波堤の有無, スクリーンの有無, 貝代の有無

* 非常用海水ポンプ全台運転, 循環水ポンプ及び補機冷却系海水ポンプ停止時の流量

(e) 総合評価

東海第二発電所の非常用海水ポンプの軸受は、基準津波時に海水中に含まれる浮遊砂（中央粒径 0.15mm）が混入しても、砂排出溝（約 3.7mm～7.0mm）によりこれを排出することで機能維持可能である。

また、基準津波に伴い巻き上げられた浮遊砂が軸受に巻き込まれたとしても、ポンプピット近傍が高濃度の浮遊砂の状態にある時間は数分で収束することから、試験結果から得られた運転可能時間で十分包絡でき、非常用海水ポンプの軸受は機能維持可能である。